



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií



Možnosti regulace teploty v průběhu automatizovaného měření teplotním senzorem s použitím robota EV3

Bakalářská práce

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Autor práce: **Barbora Kulhánková**

Vedoucí práce: Ing. Lenka Kretschmerová, Ph.D., Ing.Paed.IGIP





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

The possibility of regulation temperature during automated measurements by temperature sensor including EV3 robot

Bachelor thesis

Study programme: B2612 – Electrical Engineering and Informatics

Study branch: 1802R022 – Informatics and Logistics

Author: **Barbora Kulhánková**

Supervisor: Ing. Lenka Kretschmerová, Ph.D., Ing.Paed.IGIP



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Barbora Kulhánková**
Osobní číslo: **M15000224**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Informatika a logistika**
Název tématu: **Možnosti regulace teploty v průběhu automatizovaného měření teplotním senzorem s použitím robota EV3**
Zadávací katedra: **Ústav mechatroniky a technické informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Provedte rešerši možností ohřevu a chlazení malého množství vody v automatizovaném režimu.
2. Navrhněte několik možných řešení ohřevu a chlazení cca 300 ml vody s ohledem na využití řízení pomocí LabVIEW a robota EV3.
3. Realizujte konstrukci nejvhodnějšího řešení ohřevu a chlazení vody.
4. Vytvořte program v LabVIEW pro ovládání ohřevu a chlazení s využitím měření teploty pomocí robota EV3 se záznamem naměřených dat.
5. Napište návod na měření pro využití měřicí úlohy při výuce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: 30–40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] Kretschmerová, L., Vlach, J.: Programování v LabVIEW v příkladech, skriptum Liberec, TUL 2014, 144 s., ISBN 978-80-7494-167-2
- [2] ĎAĎO, Stanislav. Senzory a měřicí obvody. 2. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 315 s. ISBN 80-01-2057-6
- [3] JENČÍK, Josef a Jaromír VOLF. Technická měření. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000, 212 s. ISBN 80-010-2138-6
- [4] Technická dokumentace k robotovi Lego MindStorms EV3

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lenka Kretschmerová, Ph.D., ING. PAED.
IGIP


Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání bakalářské práce: 10. října 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2017


prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Milan Kolář, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. října 2016

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat Ing. Lence Kretschmerové, Ph.D., ING.PAED.IGIP za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled.

Dále bych chtěla poděkovat firmě KOPŘIVA PRAHA s.r.o., která pro tuto bakalářskou práci vyrobila atypické části konstrukce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací chladicí/ohřívací aparatury pro malé množství vody (cca 300 ml) a programu pro měření teploty vody vytvořeného v prostředí LabView pro robota EV3. Práce poskytuje krátké představení možných řešení a použitých technologií. Podrobněji je pak představen Peltierův článek, coby médium pro realizaci ohřevu i chlazení malých objemů. Dále je detailně popsána konstrukce celé aparatury. Čtenář je seznámen s vývojovým prostředím LabView a je mu představeno řešení měřicího programu. Závěrem je předložen návrh pro využití aparatury ve výuce.

Klíčová slova:

Peltierův článek, LabView, ohřev/chlazení malého množství vody, měření teploty

Abstract

This bachelor thesis deals with the design and implementation of cooling / heating apparatus for small amounts of water (about 300 ml) and the water temperature measuring program created in LabView environment for the EV3 robot. The thesis provides a brief introduction of possible solutions and used technologies. In more detail, Peltier's article is presented as a medium for heating and cooling of small volumes. The construction of the whole apparatus is described in detail. The reader is familiar with the LabView development environment and is presented with a measurement program solution. Finally, a proposal for the use of teaching equipment is presented.

Keywords:

Peltier cell, LabView, heating / cooling of small amount of water, temperature measurement

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratek	10
Úvod.....	11
Cíl práce	12
1 MINDSTORMS Robotics.....	13
1.1 Historie.....	13
1.2 LEGO MINDSTORMS EV3	14
1.3 Programování EV3.....	14
2 Způsoby ohřevu a chlazení malého množství vody	16
2.1 Ohřev.....	16
2.1.1 Kahany	16
2.1.2 Topná hnízda.....	16
2.1.3 Topné plotýnky	16
2.1.4 Ponorná topná tělesa	16
2.2 Chlazení	17
2.2.1 Chlazení vzduchem	17
2.2.2 Chlazení proudem vody	17
2.2.3 Chlazení přidáním vody či ledu	17
2.2.4 Chlazení ledem.....	17
2.2.6 Chlazení Peltierovým článkem.....	17
2.3 Možnosti ohřevu a chlazení použitelné v automatizovaném režimu	18
4 Navrhovaná řešení.....	19
4.1 Varianta 1	19
4.2 Varianta 2	19
4.3 Varianta 3	19
5 Konstrukce	20
5.1 Komponenty	20
5.1.1 Základna.....	20
5.1.2 Pohyblivá část lineárního vedení.....	21
5.1.3 Vrchní upevňovací deska	21
5.1.4 Trapézová matice s ozubeným kolečkem.....	22
5.1.5 Trapézová tyč	22
5.1.6 Hliníkové profily.....	23
5.2 Sestrojení konstrukce	23
6 Peltierův článek.....	25
6.1 Konstrukce Peltierova článku	25

6.1.1 Termočlánek.....	25
6.1.2 Keramické desky.....	26
6.1.3 Kaskády.....	27
6.2 Použití Peltierova článku.....	27
6.2.1 Využití Peltierova článku.....	28
6.2.2 Účinnost Peltierova článku	28
6.3 Zapojení Peltierova článku.....	29
6.3.1 Sestrojení média pro ohřev a chlazení.....	29
7 Kontaktní nepájivé pole	31
7.1 Připojení článku	32
8 Napájecí zdroj	33
9 Použité komponenty LEGO MINDSTORMS	34
9.1 Motory.....	34
9.1.1 Velký motor (Large Motor)	34
9.2 Senzory.....	35
9.2.2 Ultrazvukový senzor (Ultrasonic Sensor)	35
9.2.3 Teplotní senzor (Temperature Sensor).....	36
10 Sestavení aparatury	37
11 Program.....	40
11.1 LabView.....	40
11.2 Vlastní program.....	41
11.2.1 Blok č. 1	42
11.2.2 Blok č. 2	43
11.2.3 Blok č. 3	44
11.2.4 Blok č. 4	45
11.2.5 Blok č. 5	45
12 Návod k využití aparatury při výuce	47
13 Vyhodnocení	49
Závěr	51
Seznam použité literatury:.....	52
Seznam obrázků	54
A Další použitý materiál použitý pro výrobu konstrukce	56
B Průběhy měření.....	57
C Výsledky měření.....	60
D Obsah přiloženého CD	61

Seznam použitých symbolů a zkratek

EV3	typ robotické jednotky LEGO Mindstorms
NXT	starší model robotické jednotky LEGO Mindstorms (předchůdce EV3)
RJ12	typ kabelového konektoru pro připojení senzorů k EV3
TR8x8	typ trapézového závitu
M6x10	typ matice
Al ₂ O ₃	Oxid Hlinitý
BeO	Oxid Berylnatý
AlN	Nitrid Hlinitý
COP _{MAX.}	koeficient optimálního výkonu
Q _C	absorbované teplo
P	příkon
CCD	nabíjené zařízení
W	watt
V	volt
A	ampér
NI	National Instruments - společnost
CPU	centrální procesorová jednotka
SMD	zařízení pro povrchovou montáž
DIL	pouzdra integrovaných obvodů
VDC	maximální výstupní napětí
SubVI	podprogram ve vývojovém prostředí LabView
w	šířka
l	délka
h	výška

Pozn.: V seznamu nejsou uvedeny symboly a zkratky všeobecně známé nebo používané jen ojediněle s vysvětlením v textu.

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a sestrojením konstrukce schopné měřit teplotu vody a následně realizací ohřevu, či chlazení vody, jejíž teplota byla dříve naměřena. Měření teploty vody bude probíhat pomocí teplotního senzoru od firmy LEGO, řady Mindstorms Robotics, pro roboty EV3 a NXT. V bakalářské práci bude použita právě základní logická jednotka EV3, která ponese a následně provede hlavní program pro dané měření teploty. Mimo základní logickou jednotku bude práce obsahovat dostatečně stabilní a pevnou konstrukci, schopnou nést logickou jednotku EV3, teplotní senzor i další komponenty, či senzory potřebné k provedení měření. Dále musí konstrukce obsahovat takové prvky, aby bylo možné dopravit teplotní senzor do kádinky s měřenou kapalinou a po skončení měření, jej z této kádinky vyjmout. Jako poslední hmotná část projektu bude samotná soustava prvků zajišťující realizaci ohřevu a chlazení vody. Chlazení ani ohřev nebude řízen pomocí programu, ale bude ovládán samotným uživatelem a to přímo, pomocí tlačítka.

Motivací k napsání bakalářské práce byla vidina rozšíření, dnes mezi dětmi i dospělými oblíbené, sestavy MINDSTORMS Robotics EV3 od firmy LEGO o další možnosti využití. Dokázání, že sestava MINDSTORMS EV3, či jednotlivé její prvky mohou být kombinovány i s naprosto odlišnými technologiemi a dají se tak vytvořit nová, zajímavá a jistě přínosná zařízení. Konkrétně zařízení realizované v rámci bakalářské práce může být využito například při výuce na základních i středních školách či gymnáziích. V hodinách fyziky může být pomůckou pro výuku schopnosti odečítání informací ze zařízení, určování teploty vody z různých zdrojů, provádění opakovaného měření a následnému určování průměrné teploty, k určování přechodové charakteristiky, demonstraci přeměny elektrické energie na tepelnou, či šíření tepla kapalinou v Termodynamice.

Cíl práce

Cílem práce je návrh a realizace řešení ohřevu a chlazení cca 300 ml vody s ohledem na využití robota EV3. V rámci práce bude navrhována a sestavena konstrukce z takových součástí a materiálů, aby byla schopna nést robotickou jednotku se všemi potřebnými senzory. Dále bude sestavena aparatura, která bude realizovat ohřev a chlazení požadovaného množství vody. Bude napsán program pro logickou jednotku EV3, který bude měřit teplotu vody a naměřené údaje poskytovat ve formě vhodné ke zpracování.

Konstrukce musí být dostatečně stabilní, aby s ní bylo možné pracovat v běžných podmínkách. Dostatečně jednoduchá, aby bylo možné ji obsluhovat i bez odbornějších technických znalostí. Konstrukce dále musí být přenosná, aby mohla být využívána při výuce, či prezentacích. Měla by se skládat z co nejmenšího množství oddělitelných komponent, aby ji bylo možné opětovně používat a přemísťovat bez odborných zásahů.

Soustava na ohřev a chlazení vody by měla být schopná ohřát, či vychladit vodu o objemu cca 300 ml. A to v takové míře aby byl ohřev, či chlazení prokazatelný. Není však nezbytné ohřát vodu na teplotu bodu varu (100°C), ani ji ochladit na teplotu bodu tuhnutí (0°C). Ohřívání i chlazení by mělo probíhat dostatečně rychle (v řádu minut), aby bylo možné tyto jevy pozorovat za běžných podmínek.

Program pro logickou jednotku EV3 bude realizován v programovacím prostředí LabView. Úkolem programu bude dopravení teplotního senzoru do kádinky s vodou, kde bude dále provádět měření, dokud jej uživatel sám neukončí. Program bude vypisovat aktuální hodnoty na uživatelské rozhraní pro možnost jejich odečtení. Program bude dále schopen data uložit do souboru, pro pozdější manipulaci.

1 MINDSTORMS Robotics

LEGO® MINDSTORMS® je řada produktů firmy LEGO, jejíž základní částí (v nejnovější verzi) je logická jednotka EV3. “Kostka”, jak je často tato jednotka nazývána, je programovatelná robotická jednotka, kterou lze pomocí dílků LEGO Technics rozšiřovat do různých tvarů i velikostí. Pomocí kabelů s konektorem RJ12 lze ke kostce připojovat velké množství senzorů, jejichž portfolio firma LEGO neustále rozšiřuje. Při využití těchto senzorů, dílků LEGO Technics a Vaší představivosti lze tedy sestavit téměř jakéhokoli programovatelného robota [1].

1.1 Historie

Od svého uvedení v roce 1998 se sestava LEGO® MINDSTORMS® stala nejprodávanějším produktem v historii LEGO Group. Ihned po představení se sestava dočkala velké skupiny nadšených uživatelů. Následně započal rozvoj globální komunity studentů a uživatelů všech věkových kategorií, která dnes, již přes 18 let, spojuje skupiny z celého světa.

1986: První počítačem řízené produkty LEGO

1988: Ze spolupráce LEGO Group a Massachusetts Institute of Technology vzniká první “inteligentní cihla” programovatelná počítačem

1998: Systém LEGO MINDSTORMS RCX Intelligent Brick and Robotics Invention je odhalen tisku v Muzeu moderního umění v Londýně

Září 1998: Systém robotických vynálezů je spuštěn současně ve Spojených státech a ve Spojeném království. K dispozici jsou také dvě rozšiřující sady - RoboSports a Extreme Creatures

Listopad 1998: Kjeld Kirk Kristiansen a proslulý vynálezce Dean Kamen z FIRST zahajují FIRST LEGO League (robotická soutěž pro středoškoláky). První turnaj se koná v Chicagu a účastní se ho na 200 studentských týmů

Duben 2005: První světová mistrovská soutěž FIRST LEGO League se koná v Atlantě

Srpen 2006: LEGO MINDSTORMS NXT (nová verze “inteligentní kostky”) je uvedena na trh ve Spojených státech. Mezinárodní dostupnost následuje

Srpen 2009: Na trh je uvedena platforma LEGO MINDSTORMS NXT 2.0

2013: Při oslavách 15. výročí LEGO MINDSTORMS a platforma další generace LEGO MINDSTORMS EV3 je představena na Mezinárodní výstavě spotřební elektroniky a následně uvedena na trh [1].

1.2 LEGO MINDSTORMS EV3

Sada LEGO MINDSTORMS EV3 je dostupná ve dvou verzích. Jedna pro školní, vzdělávací účely a druhá pro běžné uživatele. Sada dostupná na stránkách LEGO.com pro běžného uživatele obsahuje: Programovatelnou kostku, barevný senzor, dotykový senzor, vzdálený infračervený maják, infračervený senzor, 2 velké motory, jeden motor střední velikosti, jeden malý motor a další komponenty jako jsou kolečka, řemeny, osy, pojítka a jiné dílky běžně dostupného LEGO Technics. S touto sadou lze, při postupování podle jednoduchých návodů přímo na stránkách LEGO.com, robota sestavit i naprogramovat poměrně rychle. Z dodávaných součástí je patrné, že už v základní verzi sady jsou možnosti opravdu široké. Další senzory, či komponenty jsou dostupné na stránkách výrobce [2].

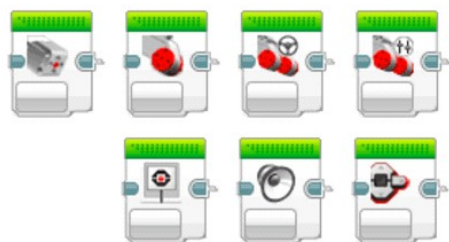


Obr. 1.1: Programovatelná kostka EV3 (převzato z [2])

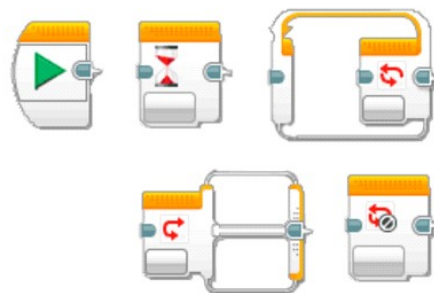
1.3 Programování EV3

K programování LEGO MINDSTORMS EV3 slouží jednoduchý programovací software od firmy LEGO, který je volně ke stažení na jejich webových stránkách. Vytváření algoritmu programu probíhá analogicky skládání samotného robota, tedy po kostičkách (blocích). Každý blok reprezentuje danou funkci, nebo akci a různé typy bloků mají pro přehlednost různé barvy. V programovacím prostředí je vybrán blok s funkcí, která se od robota očekává a následně je přetažen na plochu programu. Skládáním jednoho bloku za druhým je vytvářen požadovaný program [2].

AKČNÍ BLOKY (Zelená)



FUNKČNÍ BLOKY (Oranžová)



Obr. 1.2: Ukázka funkčních bloků (převzato z [3])

Program musí začínat funkčním blokem a je třeba ho vytvářet sekvenčně, tedy postupně řadit funkce v takovém pořadí, v jakém je má robot po spuštění programu vykonat. V programu lze využít i smyčky, které například zajistí opakování některých úkonů (známé z jiných programovacích jazyků). Když je program hotový, pomocí USB kabelu je jednoduše nahrán do “EV3 kostky” a robot začne provádět naprogramovaný algoritmus. V nedávné době vyšla i mobilní aplikace pro chytré telefony a tablety, jejíž prostředí je s desktopovou verzí téměř totožné. Jediným omezením mobilní aplikace je přidávání některých specifických funkcí do programu (ty lze přidat pouze ve verzi pro počítače) [3].

Logickou jednotku EV3 lze programovat například i v programu LabView. Ten bude také využit k vytvoření programu v této bakalářské práci.

2 Způsoby ohřevu a chlazení malého množství vody

Způsobů, které mohou být použity pro ohřev, nebo chlazení vody, se v dnešní době nabízí veliké množství. Požadovaný objem ohřívané vody je cca 300 ml, zaměříme se tedy převážně na způsoby ohřevu a chlazení malého množství vody. V následující kapitole budou představeny nejběžněji používané metody a budou vybrány ty, které se pro realizaci této práce hodí nejvíce. Nejdříve budou představeny způsoby ohřívání a následně způsoby chlazení.

2.1 Ohřev

Mezi nejběžnější zařízení používaná pro ohřev malého množství vody patří kahany, topná hnízda, topné plotýnky nebo ponorná topná tělesa.

2.1.1 Kahany

Zahřívání nad kahanem lze provádět pouze s tenkostěnnými zkumavkami. Před samotným ohříváním zkumavku umístíme mírně šikmo do držáku a s takto umístěnou zkumavkou pohybujeme nad plamenem kahanu. Tím kapalinu uvnitř rovnoměrně zahříváme. Ústí zkumavky musí být odvráceno od osob pohybujících se v blízkosti aparatury [4].

2.1.2 Topná hnízda

Topná hnízda lze použít pouze pro zahřívání kulatých baněk. Jsou vhodná k zahřívání tekutin, nelze je však použít k zahřívání na přesnou teplotu, pod teplotou varu látky. Topná hnízda lze používat pouze pro baňky odpovídajících velikostí. V dnešní době jsou dostupná topná hnízda pro baňky o objemu od 50 ml do 10 000 ml [4].

2.1.3 Topné plotýnky

Jedná se o elektrické varné desky - plotýnky využívající odporového ohřevu. Jsou vhodné pro ohřev malého i většího množství vody. Elegantní pomůckou pro rovnoměrnější zahřívání je použití magnetického míchadla. Tímto způsobem jsou realizovány topné míchačky [4].

2.1.4 Ponorná topná tělesa

Obvyklým tvarem ponorného topného tělesa je spirála (součást starších typů rychlovarných konvic, u novějších typů je těleso zabudováno do dna konvice). Těleso přeměňuje elektrickou energii na tepelnou a ta je dále předávána vodě. Topné těleso umístíme přímo do kádinky s vodou [5].

2.2 Chlazení

K chlazení malého množství vody lze použít následujících metod. Chlazení vzduchem, chlazení proudem vody, chlazení přidáním vody, či ledu, chlazením ledem, chlazení oxidem uhličitým, chlazení Peltierovým článkem.

2.2.1 Chlazení vzduchem

Chlazení vzduchem je jednoduchým, ale zdlouhavým způsobem chlazení kapaliny, který je ovšem limitován teplotou chladicího vzduchu. Ochlazování probíhá přiváděním proudu vzduchu na povrch kapaliny. Vzduch chladnější než kapalina odebírá z povrchu kapaliny teplo, čímž dochází k jejímu ochlazování [6].

2.2.2 Chlazení proudem vody

Chlazenou kapalinu lze ochladit proudem vody. I u tohoto způsobu chlazení jsme však limitováni teplotou vody, kterou přivádíme na stěnu nádoby, v níž se nachází chlazená kapalina (obvykle na max. 4°C). Chlazení proudem vody se využívá ve vodních chladičích [6].

2.2.3 Chlazení přidáním vody či ledu

Vodu lze také ochladit přidáním dostatečného množství vody chladnější, než je kapalina chlazená, nebo přidáme-li do nádoby s vodou led. Tím se však zvětší původní objem chlazené kapaliny. Chlazení kapaliny je limitováno objemem nádoby s chlazenou kapalinou.

2.2.4 Chlazení ledem

Pokud smísíme rozdrčený led s vodou, lze teplotu tělesa ponořeného do této směsi snížit až na teplotu 0°C. Pro intenzivnější chlazení může být využito speciálních chladicích směsí, které jsou tvořeny vodou a některými solemi. Mezi běžné směsi řadíme: voda a chlorid amonný (0°C), led a chlorid amonný (-15°C), led, chlorid amonný a dusičnan draselný (-25°C). Další známou chladicí směsí je solanka, která se skládá z 3 dílů ledu a 1 dílu chloridu sodného (-20°C) [6].

2.2.5 Chlazení oxidem uhličitým

Při použití oxidu uhličitého, též známého pod názvem suchý led, lze dosáhnout velmi nízkých teplot. Oxid uhličitý odebírá při sublimaci od okolí teplo. Ta nastává při -78,8°C. Manipulace s ním je však nebezpečná a může dojít k popálení [6].

2.2.6 Chlazení Peltierovým článkem

Chlazení Peltierovým článkem nepatří mezi běžně používané metody chlazení. Jedná se ovšem o dostupné a jednoduché medium, a proto bylo do tohoto výčtu zařazeno. Peltierův článek umístěný mezi dva chladiče odebírá na jedné straně větší množství tepla. Na straně druhé vyzařuje jak teplo absorbované studenou stranou, tak příkon článku. Při změně polarizace

napájecího proudu lze tyto dvě strany vyměnit a tedy použít původně chladicí stranu i pro ohřev kapaliny[7].

2.3 Možnosti ohřevu a chlazení použitelné v automatizovaném režimu

Z výše uvedených možností lze v automatizovaném režimu provádět ohřívání vody téměř všemi způsoby. Ve všech případech by se ale jednalo o propojení zahřívacího objektu s další aparaturou - systémem pro kontrolu teploty a spínačem ohřevu.

V případě chlazení jsme z uvedených možností omezení na možnosti chlazení vzduchem, chlazení proudem vody a chlazení Peltierovým článkem. Pro chlazení vzduchem by k automatizovanému prvku byl připojen ventilátor, který by vháněl vzduch směrem k chlazenému objektu. V případě chlazení proudem vody byl chlazený objekt umístěn do otevřeného systému, kam byl dle potřeby vháněn proud vody. Peltierův článek lze napojit na automatizovanou jednotku a jeho chod řídit regulací napájecího proudu.

4 Navrhovaná řešení

Kapitola obsahuje 3 možné návrhy řešení ohřevu a chlazení cca 300 ml vody s ohledem na využití řízení pomocí LabView a robota EV3. Z těchto navrhovaných řešení bude následně vybráno to nejvhodnější a to dále realizováno.

4.1 Varianta 1

Bude vytvořena taková konstrukce, aby na ni bylo možné umístit topné hnízdo. Hnízdo bude zajištěno a odizolováno od okolí, aby nedošlo k poškození aparatury, či jejího okolí. K aparatuře bude připojen ventilátor, který bude zajišťovat chlazení vody. Bude situován tak, aby při spuštění vháněl vzduch na hladinu kádinky a studený vzduch tak odebíral teplo z povrchu vody. Bude realizován program, který uskuteční měření teploty vody v kádince a v případě potřeby zapne kahan, či ventilátor, dle požadavku uživatele.

4.2 Varianta 2

Bude vytvořena konstrukce s horním pojezdem, která umožní automatizované uchopení a přenesení kádinky z ohřívacího na chladicí médium. Ohřívací médium bude realizováno topnou plotýnkou, spouštěnou pomocí ramene řízeného programem. Chlazení bude zajištěno vháněním proudu studené vody do okolí kádinky. Kádinka bude umístěna ve vypustitelné vaně kruhové základny, kam bude na začátku chlazení přiveden dostatek studené vody. Pomocí motoru řízeného programem bude poháněna turbína, která bude zajišťovat proudění vody kolem chlazeného objektu. Po určitém čase se voda z vany vypustí a bude doplněna novou vodou z externí nádrže.

4.3 Varianta 3

Bude postavena konstrukce, pod kterou bude možno umístit Peltierův článek s chladiči a ventilátorem zajišťující proudění vzduchu. Kádinka s vodou bude umístěna na chladiči nasedajícím na Peltierův článek. Programem řízené měření teploty vody bude vypisovat aktuální hodnoty na display kostky EV3 a uživatel bude moci ovládat chlazení a ohřev vody pomocí tlačítka připojeného k Peltierovu článku. Dvoupolohový přepínač přepolarizuje stejnosměrný napájecí proud Peltierova článku a tím ho nastaví buď na ohřev, či chlazení, dle aktuálního požadavku uživatele.

Vzhledem k dostupnosti materiálů i složitosti předvedených technologií, byla pro realizaci zvolena varianta 3. Tato varianta se, z výše uvedených, jeví jako nejméně náročná na konstrukci, snadno přenositelná a manipulovatelná.

5 Konstrukce

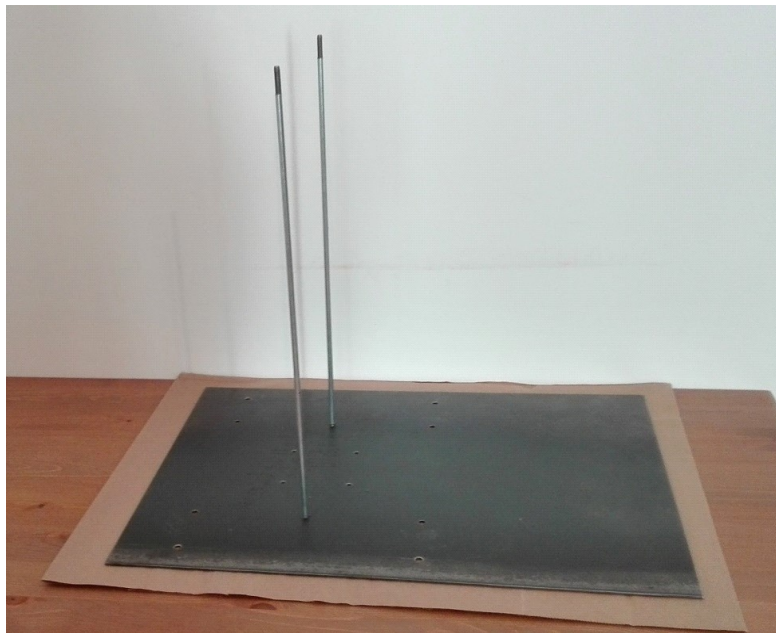
V této kapitole bude čtenář seznámen s komponentami použitými při stavbě konstrukce, jejich počtem i materiálem, ze kterého jsou komponenty vyrobeny. Poté bude představen průběh samotného sestavení konstrukce.

5.1 Komponenty

Následuje podrobný popis jednotlivých komponent, které budou použity při realizaci konstrukce. U komerčně dostupných dílů, jsou uvedeny katalogové rozměry a popisy, doplněné o informace vztahující se přímo k této práci. U komponent, které nejsou v použité formě běžně dostupné, jsou přiloženy podrobnější popisy a fotografie.

5.1.1 Základna

Jako základní nosný prvek celé konstrukce byl použit ocelový plech o síle 2 mm a rozměrech 550 x 410 mm. Vlastnosti a parametry takto zvolené podstavy vyhovují požadovaným účelům. Materiál je dostatečně pevný, aby byl vhodnou oporou celé konstrukci, ale není ještě natolik těžký, aby omezoval uživatele při budoucí manipulaci s konstrukcí. Do podstavy jsou vyvrtány otvory umožňující připevnění konstrukce (4x Ø 6 mm) a ventilátoru (4x Ø 4 mm) k podstavě. Dále jsou k podstavě svisle navařeny dvě hlazenky (Ø 5 mm) délky 444 mm, na jejichž konci je vyříznut vnější závit v délce 20 mm. Ty slouží jako základ lineárního vedení.



Obr. 5.1: Základna konstrukce

5.1.2 Pohyblivá část lineárního vedení

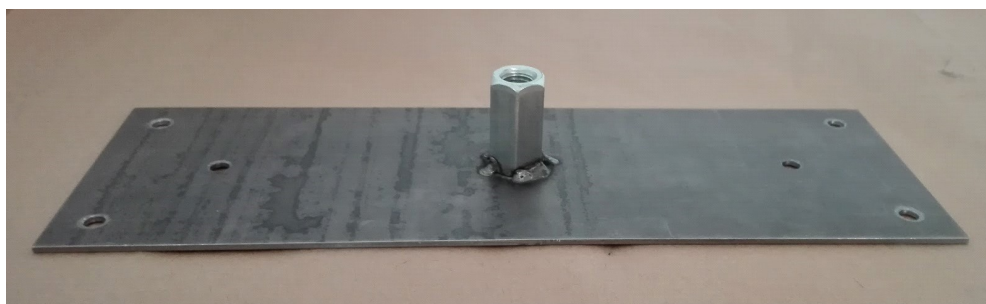
Pro realizaci pohyblivé části lineárního vedení byla použita destička, vyříznutá z ocelového plechu o síle 2 mm a rozměrech 260 x 50 mm. V jejím středu je vyvrtán otvor (\varnothing 10 mm) do něhož bude později upevněn trapézový závit, zajišťující pohyb lineárního vedení. Na každém konci destičky je ve vzdálenosti 25 mm od kraje vyvrtán na středové ose otvor (\varnothing 7 mm). Na tyto otvory těsně nasedají prodlužovací matice (\varnothing 6 mm), které jsou k destičce bodově přivařeny. Tyto matice jsou uvnitř vyvrtány tak, aby byl jejich vnitřní povrch hladký a umožňoval nebrzděný pohyb po hlazenkách sloužících jako vedení.



Obr. 5.2: Pohyblivá část lineárního vedení

5.1.3 Vrchní upevňovací deska

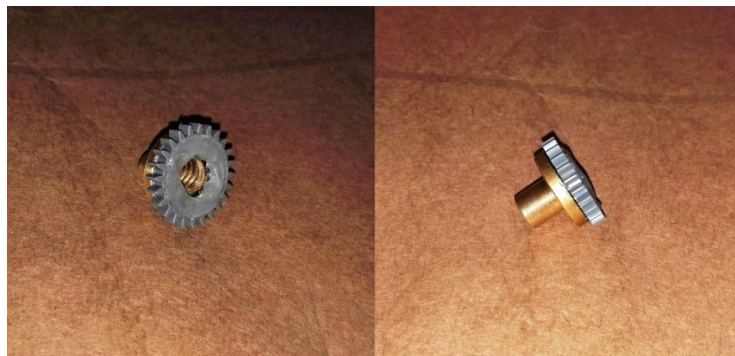
Pro vrchní upevňovací desku byl zvolen stejný materiál jako u pohyblivé části lineárního vedení a podstavy konstrukce, jedná se o ocelový plech o síle 2 mm. Rozměry upevňovací desky jsou 100 x 300 mm. Na každém konci desky jsou vyvrtány dva otvory (\varnothing 6 mm) pro připevnění desky k hornímu rámu konstrukce. Dále jsou v desce vyvrtány další dva otvory na středové ose (\varnothing 6 mm), kterými budou následně prostrčeny hlazenky z podstavy. Ve středu je pak vyvrtán jeden otvor (\varnothing 10 mm) na nějž těsně nasedá prodlužovací matice (\varnothing 10 mm). Matice je k destičce bodově přivařena.



Obr. 5.3: Vrchní upevňovací deska

5.1.4 Trapézová matice s ozubeným kolečkem

Mezi další mechanické prvky, zde použitého lineárního vedení, patří trapezová matice TR8x8. Pro možnost pohonu robotickou jednotkou EV3 je k matici připevněno kolečko lego Technics (\varnothing 25 mm). Ve středu kolečka byl vyvrtán otvor (\varnothing 10 mm) a poté bylo pomocí tavné pistole připevněno na kratší stranu trapezové matice.



Obr. 5.4: Trapézová matice s ozubeným kolečkem

5.1.5 Trapézová tyč

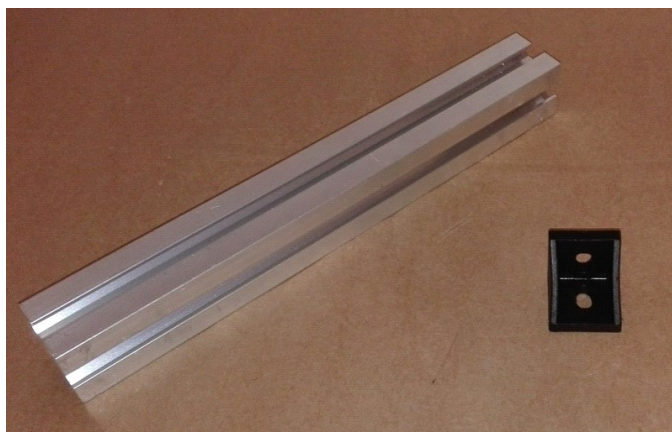
Posledním prvkem lineárního vedení je trapezová tyč typu TR8x8 délky 300 mm. Jedná se o čtyřchodý závit (\varnothing 8 mm) se stoupáním 8 mm. Na jednu otáčku matice dojde k posunu o 8 mm.



Obr. 5.5: Trapézová tyč - závit 8 mm

5.1.6 Hliníkové profily

Na vlastní nosnou konstrukci byly použity hliníkové profily Kombi 30 x 30 mm. Jako podpěry slouží čtyři tyto profily o délce 400 mm. Vrchní rám tvoří dva profily délky 265 mm a tři profily o délce 240 mm. Ke spojení profilů bylo použito 14 ks fixačních úhelníků 28 x 28 mm.



Obr. 5.6: Hliníkový profil Kombi 30 x 30 mm (vlevo) a fixační úhelník 28 x 28 mm (vpravo)

Další materiál použitý pro výrobu konstrukce viz Příloha A.

5.2 Sestrojení konstrukce

První krok při sestavování konstrukce bylo vytvoření vrchního rámu tvořeného hliníkovými profily. Pomocí fixačních úhelníků byly profily kombi spojeny do tvaru obdélníku o vnějších hranách 265 mm a 300 mm. Dále byl připevněn zbývající kus profilu o délce 240 mm do vnitřní strany rámu tak, aby jeho vzdálenost od sousedního (rámového profilu 240 mm) byla 34 mm. K takto sestrojenému vrchnímu rámu byly v rozích připevněny zbývající 4 kusy profilů (400 mm). Ty tvoří opěrné sloupky konstrukce. Pohyblivá část lineárního vedení byla navlečena na hlazenky přivařené k základně navařenými prodlužovacími maticemi směrem vzhůru.

Následně byla pomocí úhelníků a šroubů M6x14 se zápusťnou hranou připevněna konstrukce k základně. Konstrukce byla nasměrována vrchním rámem tak, aby byl přepažující hliníkový profil umístěn blíže ke středu základny. Na vyříznuté závity na hlazenkách byly navlečeny matky 6 mm a podložky (vnitřní Ø 6 mm, vnější Ø 10 mm).

Na ně byla usazena vrchní upevňovací deska, prodlužovací maticí směrem vzhůru. Deska byla zajištěna v každém rohu šroubem M6x10 k vrchnímu rámu konstrukce. Při usazování bylo nutné zajistit, aby hlazenky směřovaly kolmo vzhůru a aby nedošlo k jejich ohybu, či zkřížení (ověřeno posunem pohyblivé části lineárního vedení). Na závity prostupující vrchní upevňovací deskou bylo opět navlečeno po jedné podložce a matce 6 mm. Pomocí dvou klíčů byly obě matky (nad i pod upevňovací deskou) utaženy proti sobě.

Na profil hliníkového rámu nejbližší ke středu základny byly připevněny dva úhelníky, každý ve vzdálenosti 115 mm od kraje, delší stranou dovnitř konstrukce. Podložky (vnitřní Ø 14 mm, vnější Ø 37 mm) byly pomocí oboustranné lepicí pásky přilepeny na střed přepažujícího hliníkového profilu vedle sebe tak, aby těsně naléhaly k vrchní upevňovací desce. Tyto podložky budou dále sloužit jako opora programovatelné kostky EV3. K přepažujícímu profilu byly upevněny dva úhelníky, každý 100 mm od kraje rámu, delší stranou k protilehlým úhelníkům umístěných na profilu rámu. Takto připevněné úhelníky zasahují na vrchní upevňovací desku a částečně i na, pod nimi přilepené, podložky.

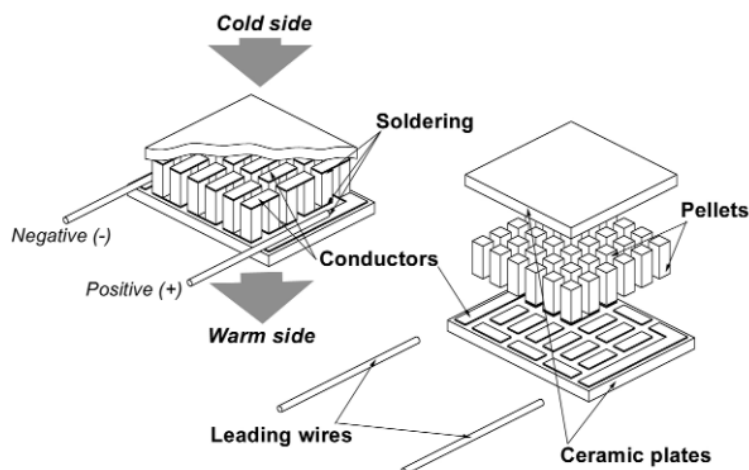
Trapézová tyč byla provléknuta prodlužovací maticí ve vrchní upevňovací desce a otvorem v pohyblivé části lineárního vedení. Pomocí tavné pistole byla trapézová tyč připevněna k pohyblivé části 3 cm od jejího konce. Na horní konec trapézové tyče byla nasazena upravená trapézová matice, delší stranou směrem dolů. Ta po uvolnění zapadla do prodlužovací matice vrchní desky. Následně byla provedena kontrola chodu lineárního vedení otáčením trapézovou maticí a pozorováním vysouvání a spouštění pohyblivé části vedení.

6 Peltierův článek

Pro Peltierovy články se běžně používá několik označení: termoelektrické chladicí moduly, termoelektrické chladicí články, nebo Peltierovy termobaterie. Právě názvy Peltierovy termobaterie či Peltierovy moduly vystihují konstrukci těchto zařízení nejlépe [5].

6.1 Konstrukce Peltierova článku

Peltierův článek je zařízení malých rozměrů, které je tvořeno tuhými nepohyblivými částmi. Jeho základem je matice sériově i paralelně propojených termočlánků. Ty jsou umístěny mezi dvě keramické desky. Pro chod Peltierova článku je třeba stejnosměrného napájení [5].



Obr. 6.1 Ukázka jednořadého Peltierova článku (převzato z [5])

6.1.1 Termočlánek

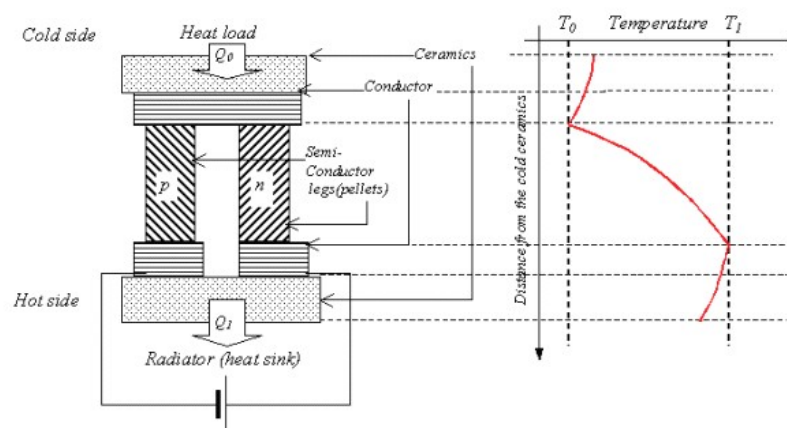
Základní stavební jednotkou Peltierova článku je jeden termočlánek. Vodiče termočlánku jsou reprezentovány polovodiči typu p a n . Plochý měděný můstek pak zajišťuje jejich spojení. Polovodiče a měděný můstek jsou k sobě připájeny.

Pájené zdroje jsou ovšem funkčním omezením, jelikož teplota tavení pájky je současně i maximální pracovní teplota článku. Maximální pracovní teplota je ve skutečnosti regulována s důvodu životnosti článku. Pro pájení spojovacích měděných můstků se nejčastěji používají slitiny na bázi cín-antimon nebo cín-olovo. Měď se vzhledem ke svému malému měrnému elektrickému odporu dobře pájí, její nevýhodou je však schopnost difuze do polovodičového materiálu. To může mít za důsledek zhoršení vlastností článku. V místě styku měděného můstku s polovodičovými materiály tak vznikají nežádoucí přechodové odpory. Ty mohou při špatném výrobním postupu degradovat výkon celého článku. Měděné můstky jsou zprostředkovatelem

jak elektrického kontaktu, tak i přenositelem tepla. Na teplé straně článku předávají odebrané teplo chladiči, na studené straně odnímají teplo chlazenému objektu.

Zjednodušeně si lze Peltierův článek představit jako tepelnou pumpu, která průchodem proudu odčerpává teplo. Na teplé straně však kromě tepla absorbovaného studenou stranou vyzařuje i příkon článku.

Termočlánky jsou z důvodu napájení řazeny do série. Jejich paralelní propojení pak zajišťuje zvětšení tepelného toku a tím zvyšuje výkon termobaterie. V současnosti jsou jednořadé Peltierovy články schopné přenášet $3\text{W}/\text{cm}^2$ až $6\text{W}/\text{cm}^2$ [5].



Obr. 6.2: Průřez termočlánkem (převzato z [5])

6.1.2 Keramické desky

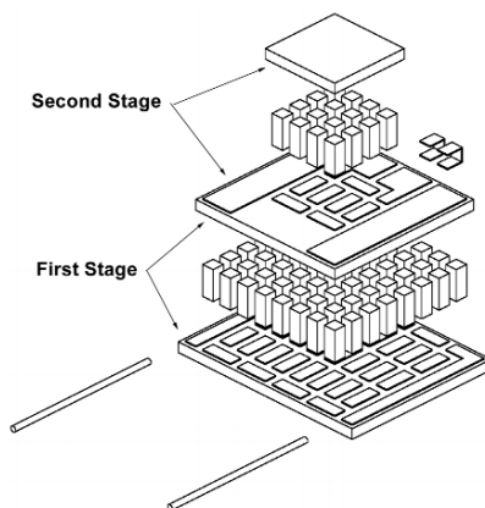
Aby byl termoelektrický článek dostatečně pevný, je sevřen mezi dvě keramické desky. Ty svojí pevností poskytují dostatečnou ochranu článku a zároveň elektricky izolují můstky od chlazeného objektu a chladiče. Aby docházelo k přenosu tepla s minimálním odporem, jsou tyto desky vyráběny z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

Na výrobu desek jsou nejčastěji používány keramické materiály s hlavním podílem oxidu hlinitého (Al_2O_3). Vezmeme-li v úvahu poměr cena/výkon, jsou tyto desky nejvhodnější volbou. Keramické materiály založené na nitridu hlinitém (AlN) nebo oxidu berylnatém (BeO) mají lepší mnohem vodivost (5-7x vyšší), pohybují se ale ve vyšších cenových kategoriích. Další nevýhodou je, že oxid berylnatý je jedovatý.

Můstky slouží kromě vzájemného kontaktu polovodičových sloupků, také k napojení na přívodní kabely. U článků s nižšími výkony jsou měděné můstky na povrch keramické desky nanášeny naprašováním (deponováním) tenkých vrstev. V modulech větších výkonů se pro snížení elektrického odporu používají měděné destičky [5].

6.1.3 Kaskády

Peltierovy články lze skládat do kaskádových termobaterií. Tím dosáhneme větších teplotních rozdílů. Konstrukce takové termobaterie odpovídá pyramidě, kdy jsou jednotlivé články skládány jeden na druhý. Každá nižší řada je vždy větší než ta nad ní, protože k odvodu tepla, které je vyzařováno na spodní straně vyššího článku, je třeba větší chladicí kapacity. Přímou k chlazení objektu slouží pouze nejvyšší termobaterie kaskády.



Obr. 6.3: Ukázka konstrukce kaskádového stylu Peltierova článku (převzato z [5])

Využití vícepatrových kaskádových baterií je opodstatněné pouze v případě, kdy jednostupňové termočlánky nedosahují požadované kapacity. S rostoucím počtem kaskád strmě narůstají i provozní náklady. Z tohoto důvodu byla zavedena veličina COP_{Max} , tzv. koeficient optimálního výkonu. Ten je definován jako poměr tepla absorbovaného studenou stranou a příkonu (Q_c/P). V praxi se nejčastěji setkáme s jedno- až dvoustupňovým chlazením [5].

6.2 Použití Peltierova článku

Nespornou výhodou Peltierových článků se soustředění chladicího i topného účinku na velmi malou plochu. Tyto články jsou spolehlivé a jejich výkon lze regulovat velikostí napájecího proudu. Termobaterie mají plochý tvar, takže ohřívání, nebo chlazení daného objektu probíhá rovnoměrně. Dalším výhodou je rychlost odezvy těchto článků. Peltierovy termobaterie našly uplatnění v mnoha odvětvích, jako jsou: klimatizační zařízení, chemický průmysl, potravinářský průmysl, lékařství. Jejich nejznámější využití je v přenosných chladničkách [8].

6.2.1 Využití Peltierova článku

- miniaturní chladiče pro zesilovače, lasery, chladiče výkonných generátorů
- chladiče pro elektronická zařízení, mikroprocesory
- chladiče přenosných kontejnerů pro biologické materiály v lékařství
- chladičí laboratorní desky, CCD chladiče, termostaty
- přenosné chladičí boxy do aut, letadel, lodí, chladičí boxy na nápoje
- chladičí zařízení pro prostory na uskladňování knih a filmů [8].

6.2.2 Účinnost Peltierova článku

Zařízení pracuje většinou v poměru chladičí/topící výkon 1.5 až 2.5, při nulovém rozdílu teplot. Taková účinnost je tedy relativně nízká. Čím větší je rozdíl teplot, tím se zvětšuje i tento poměr a snižuje se účinnost termočlánku.

Maximální chladičí výkon se podle velikosti článku a typu kaskády pohybuje od desetiny wattu až po stovky wattů. Maximální rozdíl teplot může dosáhnout 60 až -85°C. Pokud budeme na teplé straně udržovat teplotu 30°C, můžeme na studené straně získat -30°C až -45°C [8].



Obr. 6.4: Peltierův článek použitý pro realizaci chlazení a ohřevu

Druhů Peltierových článků je velké množství. Jejich kapacita závisí na velikosti plochy keramických destiček, počtu termočlánků a kaskádovitosti termobaterie. Pro naše účely (ohřev a chlazení cca 300 ml vody) postačí Peltierův článek jedné úrovně o rozměrech 40 x 40 mm.

6.3 Zapojení Peltierova článku

Po analýze možností ohřevu a chlazení malého množství vody, byl pro realizaci řešení vybrán Peltierův článek. Jeví se jako nejjednodušší a nejelegantnější ze všech zkoumaných možností. Lze jej použít jak pro chlazení, tak pro ohřev a to pouhým přepolarizováním napájecího proudu.

6.3.1 Sestrojení média pro ohřev a chlazení

K sestavení aparatury pro ohřev a chlazení byly použity následující komponenty:

1x Peltierův termoelektrický článek TEC12706 [10]

Příkon 60 W

Proud při 12 V 4,3 - 4,6 A

Max 15V (5,8 A)

Pracovní rozsah -30 až 70 °C

Rozměry: 40 x 40 x 3,6 mm

2x Chladič lisovaný žebrovaný černá l 100 mm w 100 mm h 15 mm [11]

Typ chladiče: lisovaný

Tvar chladiče: žebrovaný

Barva: černá

Délka: 100 mm

Šířka: 100 mm

Výška: 15 mm

Materiál: hliník

Povrchová úprava: eloxovaný

1x Chladič lisovaný černá l 50,8 mm w 50,8 mm h 16,51 mm hliník [12]

Typ chladiče: lisovaný

Tvar chladiče: žebrovaný

Barva: černá

Délka: 50,8 mm

Šířka: 50,8 mm

Výška: 16,51 mm

Materiál: hliník

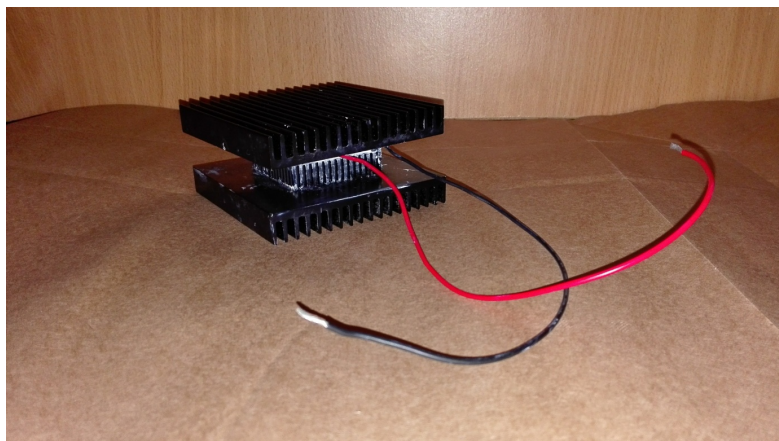
Povrchová úprava: eloxovaný

1x Teplovodivá pasta pod chladiče

1x Polymerový tmel

Peltierův článek byl z obou stran natřen dostatečnou vrstvou teplovodivé pasty, která vyrovnává nerovnosti článku i chladiče a zajistí tak největší možnou plochu pro přenos tepla. Takto ošetřený článek byl umístěn do středu chladiče 100 x 100 x 15 mm, na jeho hladkou stranu. Při lepení článku je nezbytné zkontrolovat, zda se mezi článkem a chladičem nenachází vzduchová bublina. Na Peltierův článek byl položen chladič 50,8 x 50,8 x 16,51 mm s teplovodivou pastou a opět zkontrolována těsná přilnavost mezi stěnami článku a chladiče. Pomocí tmelu byl na menší chladič připevněn druhý chladič o rozměrech 100 x 100 x 15 mm, výlisky (žebry) směrem od Peltierova článku.

Takto sestavená aparatura bude dále nasedat na ventilátor, který bude umístěn mezi aparaturou a podstavou konstrukce, pro lepší cirkulaci vzduchu a urychlení procesu ohřevu/chlazení. Ventilátor bude umístěn na distančních trubičkách, které ta umožní přístup vzduchu.



Obr. 6.5: Soustava pro ohřev/chlazení vody

7 Kontaktní nepájivé pole

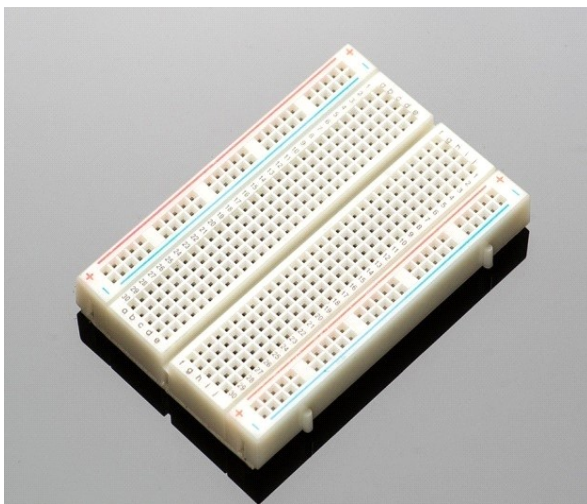
Kontaktní nepájivé pole (známé také jako protopole, nepájivé pole, zkušební nepájivé pole, breadboard) je opakovatelně použitelné pole využívané jako pomůcka pro navrhování prototypů elektrických obvodů a pro experimentování s obvodem bez nutnosti letování (pájení) součástek.

Nepájivé pole je tvořeno plastovou izolační deskou s otvory v rastru 2,54 mm (1/10 palce), který je obvykle používán pro integrované obvody v DIL pouzdrech. Propojení a uchycení součástek zajišťují kontaktní hřebínky s pružinami zasunuté zespodu plastové destičky. Vývody součástek lze libovolně a opakovaně zasouvat do pružinových kontaktů a zapojení obvodu tak měnit. Pokud nebo hřebínky k zapojení nestačí, lze použít kousek drátu, který se zasune do nepájivého pole stejně jako součástka. Součástky i propojovací dráty je možné bez poškození opakovaně zasouvat a vytahovat.

To je výhoda oproti prototypovým tištěným spojům, jako například stripboard (veroboard), které k montáži využívají trvalejších prototypů nebo jednorázových obvodů. Tyto prototypové plošné spoje nejsou vhodné pro opakované použití, protože součástky jsou k nim připájené a jejich reorganizace je náročná, někdy zcela nemožná.

Jako drátové spojky lze použít jakýkoli tvrdý drátek s odizolovaným koncem, který se do nepájivého pole zastrčí. Takové drátky však mají tendenci se při zasouvání do pole štěpit, ohýbat a lámat. Na trhu jsou dnes dostupné speciální propojky, které je možno zakoupit v různých délkách, barvách i provedeních koncového kolíku. Práce s nimi je daleko jednodušší.

Za pomoci nepájivých kontaktních polí lze navrhovat široké spektrum obvodů. Lze na nich realizovat obvody od malých analogových či digitálních až po kompletní CPU. Nevýhodou nepájivého kontaktního pole je nemožnost použití moderních SMD součástek. Ty nemají kolíkové ani drátové vývody. Pro jejich zapojení do nepájivého pole ale lze použít adaptéry [9].

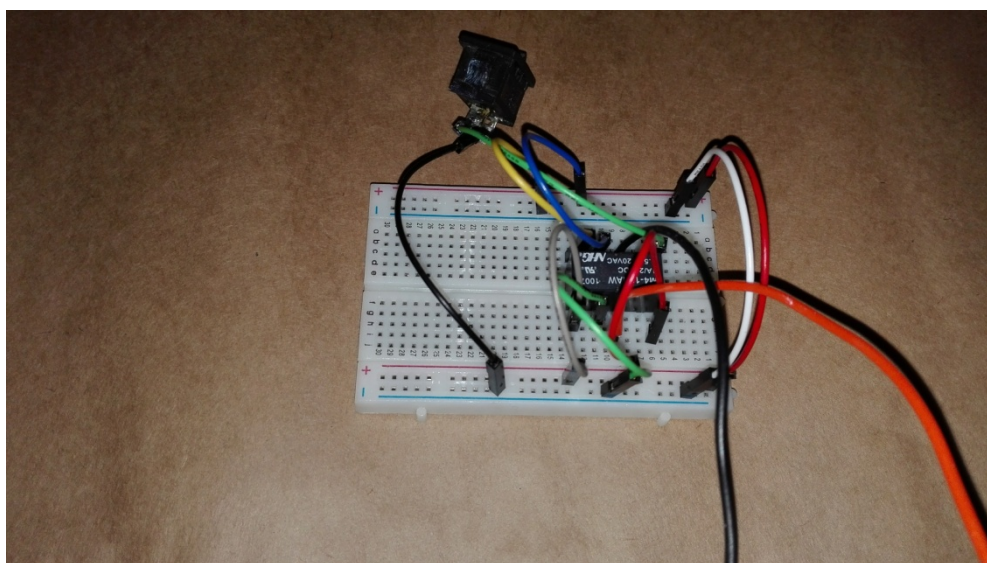


Obr. 7.1: Nepájivé kontaktní pole (převzato z [16])

Kontaktních nepájivých polí je celá řada velikostí, pro naše zapojení Peltierova článku postačí nepájivé pole se 400 propojovacími body.

7.1 Připojení článku

Pro realizaci napájení a možnosti přepínání byl Peltierův článek připojen na nepájivé kontaktní pole. Přepolarizování napájecího proudu bylo provedeno pomocí 2x přepínacího relé m4 a dvoupolohového přepínače, který toto relé ovládá. Propojení obvodu bylo z velké části realizováno propojkami určenými speciálně pro nepájivé pole. Dvoupolohový přepínač však musel být na dvě tyto propojky napájen, jelikož jeho přímé zapojení do pole nebylo možné.



Obr. 7.2: Zapojení Peltierova článku a ventilátoru na nepájivém poli

Na bezkontaktní nepájivé pole je také připojen ventilátor umístěný pod aparaturou.

Bezkontaktní nepájivé pole bylo umístěno do umělohmotné krabičky, na jejíž povrch bylo vyvedeno pouze tlačítko pro přepínání. Ostatní součástky obvodu budou z bezpečnostních důvodů kryty.

8 Napájecí zdroj

Dalším krokem při hledání vhodného řešení bylo zajištění napájení pro Peltierův článek. Podle parametrů zvoleného Peltierova článku zjistíme, jaké jsou i potřebné parametry budoucího zdroje.

Důležité parametry Peltierova článku:

Příkon 60 W

Proud při 12 V 4,3 - 4,6 A

Max 15V (5,8 A)

Zdroj musí splňovat tyto podmínky:

Příkon max. 60 W

Výstupní napětí max. 15 V

Min. výstupní proud 2,5 A

Po prozkoumání trhu byly do užšího výběru vybrány tyto dva zdroje:

Zdroj spínaný 12VDC 3A Výv 5,5/2,1 36W 0÷40°C Vst IEC C8

Zdroj spínaný 12VDC 5A Výv 5,5/2,1 60W 0÷40°C Vst IEC C8

Tabulka 1: Porovnání zdrojů [13][14]

	Zdroj spínaný 12VDC 3A	Zdroj spínaný 12VDC 5A
Typ zdroje	spínaný	spínaný
Druh napájecího zdroje	napěťový zdroj	napěťový zdroj
Výstupní napětí	12V DC	12V DC
Max. výstupní proud	3A	5A
Druh vývodu	5,5/2,1	5,5/2,1
Výkon	36W	60W
Napájecí napětí	90...264V AC	90...264V AC
Polarizace	plus uprostřed	plus uprostřed
Ochrana	před přetížením, proti přepětí, protizkratové	před přetížením, proti přepětí, protizkratové
Pracovní teplota	0...40°C	0...40°C
Účinnost	87%	88%
Shoda s normou	Energy efficiency Level VI	Energy efficiency Level VI

V tabulce nejsou uvedeny parametry, které nebyly rozhodující při výběru zdroje

Z uvedené tabulky je vidět, že oba navrhované zdroje splňují požadované podmínky. K účelům této bakalářské práce by postačil zdroj spínaný 12V DC 3A. S ohledem na lepší výkon a tedy rychlejší následný proces ohřevu/chlazení byl pro tyto účely zvolen zdroj spínaný 12V DC 5A.

9 Použité komponenty LEGO MINDSTORMS

K vytvoření systému pro měření teploty vody i k ovládání posunu hlavice se senzory toto měření zajišťující, byly použity komponenty LEGO MINDSTORMS a dílky LEGO Technics k propojení těchto komponent s konstrukcí [15].

9.1 Motory

Ke spouštění lineárního vedení s připevněnou hlavicí se senzory byl použit jeden velký motor. Vedle velkého motoru, obsahuje sada LEGO MINDSTORMS, také motor střední. Střední motor pracuje při otáčkách 240-250 ot / min s točivým momentem 12 Ncm. Je rychlejší, ale méně výkonný, než motor velký, který byl použit v konstrukci.

9.1.1 Velký motor (Large Motor)

Jedná se o výkonnou “inteligentní” jednotku. Velký motor má v sobě zabudovaný rotační senzor (Rotation Sensor) s rozlišením 1° pro jeho přesné ovládání. Velký motor je optimalizován jako hnací motor pro pohyb v obou směrech. Maximální počet otáček velkého motoru je 160-170 ot. /min. Jeho točivý moment dosahuje 20 Ncm a moment zvratu 40 Ncm [15].



Obr. 9.1: Velký motor (převzato z [15])

9.2 Senzory

Mimo teplotní senzor byly v konstrukci použity i jiné senzory. Tyto senzory se podílejí na udržování správné vzdálenosti teplotního senzoru od hladiny měřené vody, či jsou použity pro zastavení chodu lineárního vedení. Vedle níže uvedených senzorů použitých v konstrukci existují ještě tyto další senzory pro LEGO MINDSTORMS: barevný senzor, vzdálený infračervený maják, infračervený senzor, gyro senzor.

9.2.1 Dotykový senzor (Touch Sensor)

Dotykový senzor je senzor analogového typu, který umí detekovat stisknutí a uvolnění dotykové části senzoru. Tento senzor lze naprogramovat pomocí tří stavů: stisknutí, uvolnění, náraz (stisknutí a okamžité uvolnění). Tyto senzory byly v konstrukci použity dva. Jeden senzor, který zastaví pohyb směrem dolů, pokud tak není učiněno na základě signálu z ultrazvukového senzoru. Druhý zastaví pohyb lineárního vedení při vysouvání zpět do výchozí pozice před ukončením programu [15].



Obr. 9.2: Dotykový senzor (převzato z [15])

9.2.2 Ultrazvukový senzor (Ultrasonic Sensor)

Ultrazvukový senzor je digitální senzor, který vytváří zvukové vlny a následně snímá jejich ozvěny. Takto dokáže detekovat objekt i určit jeho vzdálenost. Může být využit také jako sonar, pokud jej naprogramujete k vysílání jednotlivých zvukových vln. Senzor dokáže pracovat ve vzdálenosti od 1 cm do 250 cm s přesností ± 1 cm. Na přední straně se nachází kontrolní osvětlení, které při vysílání konstantně svítí, zatímco při poslechu bliká. V konstrukci je ultrazvukový senzor použit pro snímání vzdálenosti od hladiny při spouštění lineárního vedení. Při určité vzdálenosti od hlavy ultrazvukový senzor vyše signál a spouštění hlavy se zastaví [15].



Obr. 9.3: Ultrazvukový senzor (Převzato z [15])

9.2.3 Teplotní senzor (Temperature Sensor)

Teplotní snímač je digitální senzor, který měří teplotu na špičce kovové sondy. Senzor dokáže měřit teplotu jak ve stupnici Celsius (-20°C až $+120^{\circ}\text{C}$) tak i Fahrenheit (-4°F až $+248^{\circ}\text{F}$) s přesností $0,1^{\circ}\text{C}$. Délka kovové měřicí sondy je 6,4 cm a lze s ní pohodlně měřit horké kapaliny. V konstrukci je senzor použit pro měření teploty vody. Naměřená data senzor posílá hlavnímu programu, který je dále zpracovává [15].



Obr. 9.4: Teplotní senzor (převzato z [15])

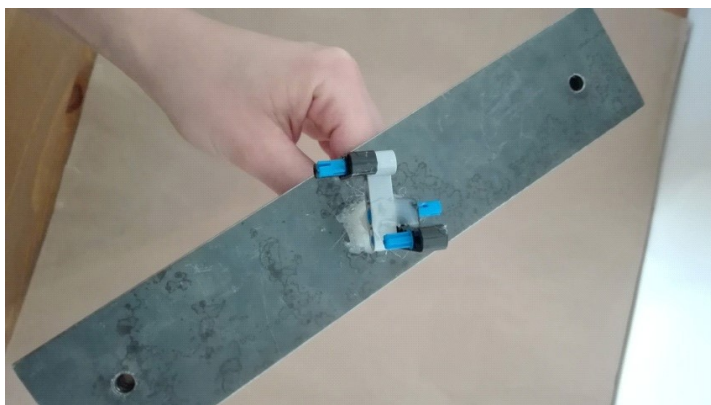
10 Sestavení aparatury

Po sestrojení všech komponent byla aparatura pro ohřev/chlazení vody zkompletována a to následujícím způsobem.

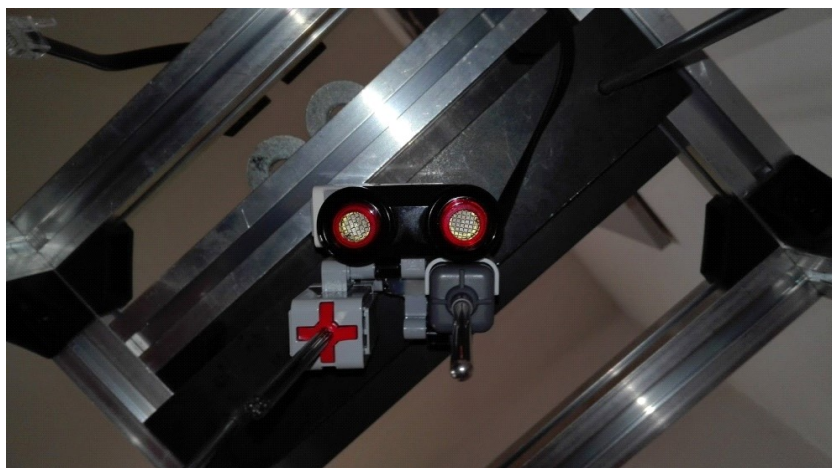
K základně byly pomocí 4 šroubů M4x6 se zápusťnou hlavou připevněny 4 distanční trubičky (\varnothing 4mm). Na ně byl připevněn ventilátor a těsně na něj nasedá médium pro ohřev/chlazení kapaliny. Část systému pro realizaci ohřevu/chlazení kapaliny byla umístěna tak, aby velký chladič (100 x 100x 15mm) na nějž těsně nasedá menší chladič (50,8 x 50,8 x 16,51 mm) byl situován přímo na ventilátoru. Systém byl zajištěn proti oddělení pomocí tmelu. Na takto upevněný systém lze položit kádinku s vodou.

K základně byla upevněna umělohmotná krabice, do které bylo umístěno nepájivé kontaktní pole a na něj zapojen ventilátor i Peltierův článek. Vedle krabice byl umístěn na základnu také zdroj potřebný pro napájení celého systému. Ten byl připojen na nepájivé pole tak, aby při jeho zapojení do elektrické sítě okamžitě započalo ohřívání kapaliny. V případě potřeby kapalinu chladit, uživatel přepne dvoupolohový přepínač, který je vyveden na povrch krabice.

Na spodní část lineárního vedení, na konec trapézové tyče byl pomocí tavné pistole připevněna sada dílků lego Technics (viz obr. 10.1), na které pak bude možné připevnit potřebné senzory. Teplotní senzor je připojen ve středu. Ultrazvukový senzor, namířený směrem dolu naléhá na teplotní senzor. Z levé strany je vedle ultrazvukového senzoru připevněn senzor dotykový, těsně na něj pak naléhá druhý dotykový senzor. Jeden dotykový senzor směřuje dotykovou stranou směrem vzhůru a druhý směrem dolu. Do obou dvou senzorů byla zasunuta křížová osa LEGO Technics, aby byla při zastavení vedení zajištěna dostatečná vzdálenost hlavice od styčné plochy (kádinky/vrchní rám konstrukce).



Obr. 10.1: Upevnění dílků LEGO Technics pro připojení senzorů



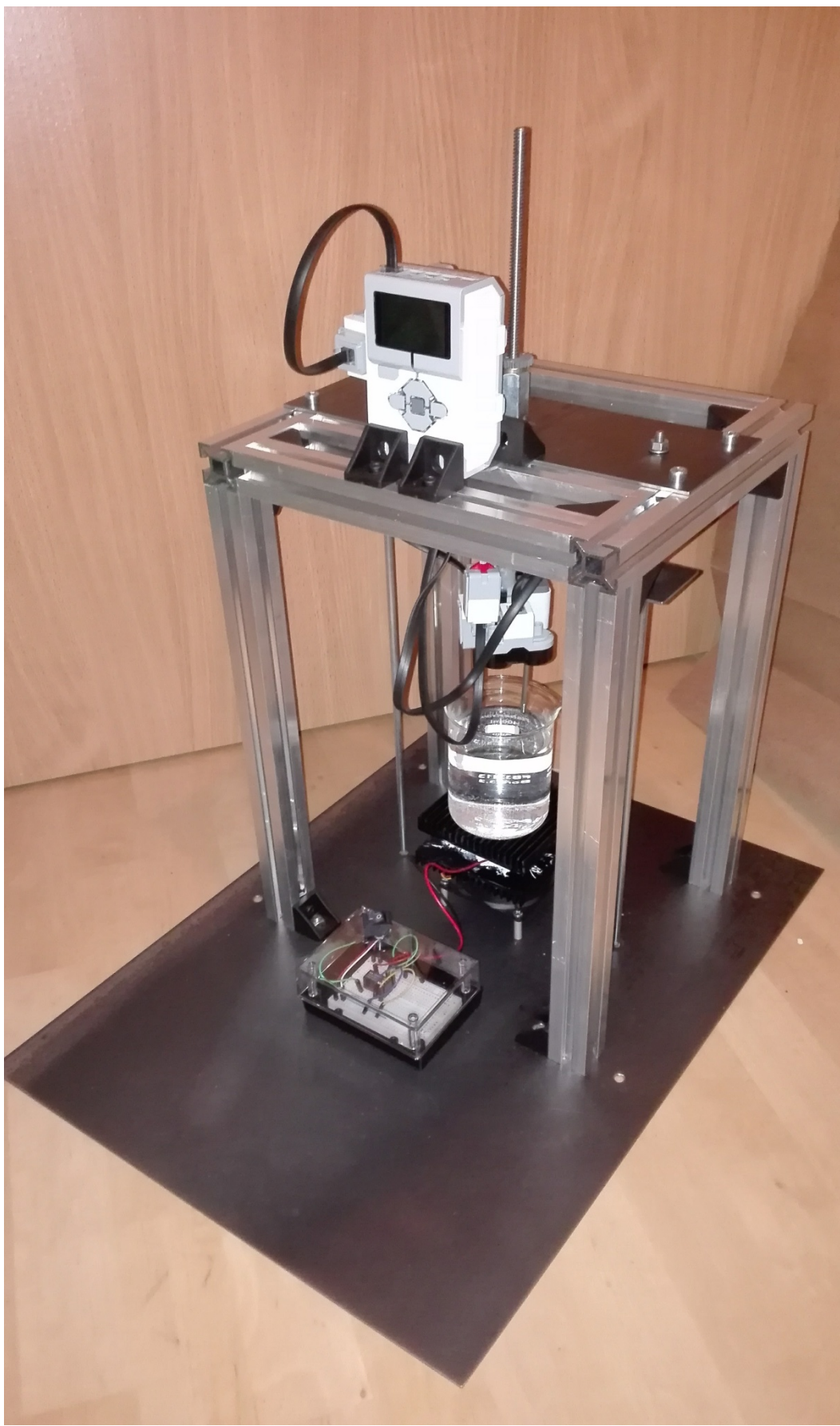
Obr. 10.2: Spodní pohled na konstrukci po připojení senzorů

K programovatelné kostce EV3 byl připevněn rozšiřující rám z dílků LEGO Technics. Při pohledu zezadu na pravé straně (viz Obr. 10.3). K takto upevněnému rámu byl připojen velký motor, do nějž byla zasunuta křížová osa LEGO Technics a na ni upevněno ozubené kolečko (\varnothing 25 mm).



Obr. 10.3: Rozšiřující rám kostky EV3

Kostka EV3 spolu s motorem byla zasunuta mezi úhelníky na vrchním rámu obrazovkou směrem ven z konstrukce. Tímto krokem došlo také k vzájemnému zapadnutí obou ozubených koleček do sebe (jedno připevněné k motoru, druhé připevněné k trapézové matici). Následně byly všechny senzory a motor propojeny s logickou jednotkou EV3 pomocí propojovacích kabelů.



Obr. 10.4: Konstrukce s aparaturou pro ohřev/chlazení vody

11 Program

Program pro robotickou jednotku EV3 byl realizován v programovacím prostředí NI LabView 2013 SP1(32bit). Toto prostředí bylo vybráno pro širší možnosti programování, než jaké umožňuje software poskytovaný firmou LEGO pro programování jejich robotů EV3.

11.1 LabView

Vývojové a programovací prostředí LabView, neboli “laboratorní pracoviště virtuálních přístrojů” (z angl. Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) je produktem americké firmy National Instruments (NI). Firma je průkopníkem a v dnešní době též největším výrobcem v oblasti virtuální instrumentace. Tato technická disciplína zažívá veliký rozvoj v oblasti školství, průmyslu a vývoje.

Vývojové prostředí LabView, které je někdy též nazýváno jako G-jazyk (grafický jazyk), je vhodným nástrojem pro programování systémů pro měření a analýzu signálů, k řízení a vizualizaci technologických procesů různé složitosti. Dále je vhodné pro programování složitějších systémů, jako je třeba robot (v této práci využíváme toto prostředí k programování LEGO robota EV3). V posledních pár letech firma National Instruments začala prostředí rozšiřovat o moduly ovládající biomedicínskou techniku a další úzce specializovaná zařízení v oblasti kamerových systémů a řízení náročných experimentů v celosvětovém měřítku (CERN). Prostedí LabView lze tedy pokládat za neomezené ve svých možnostech.

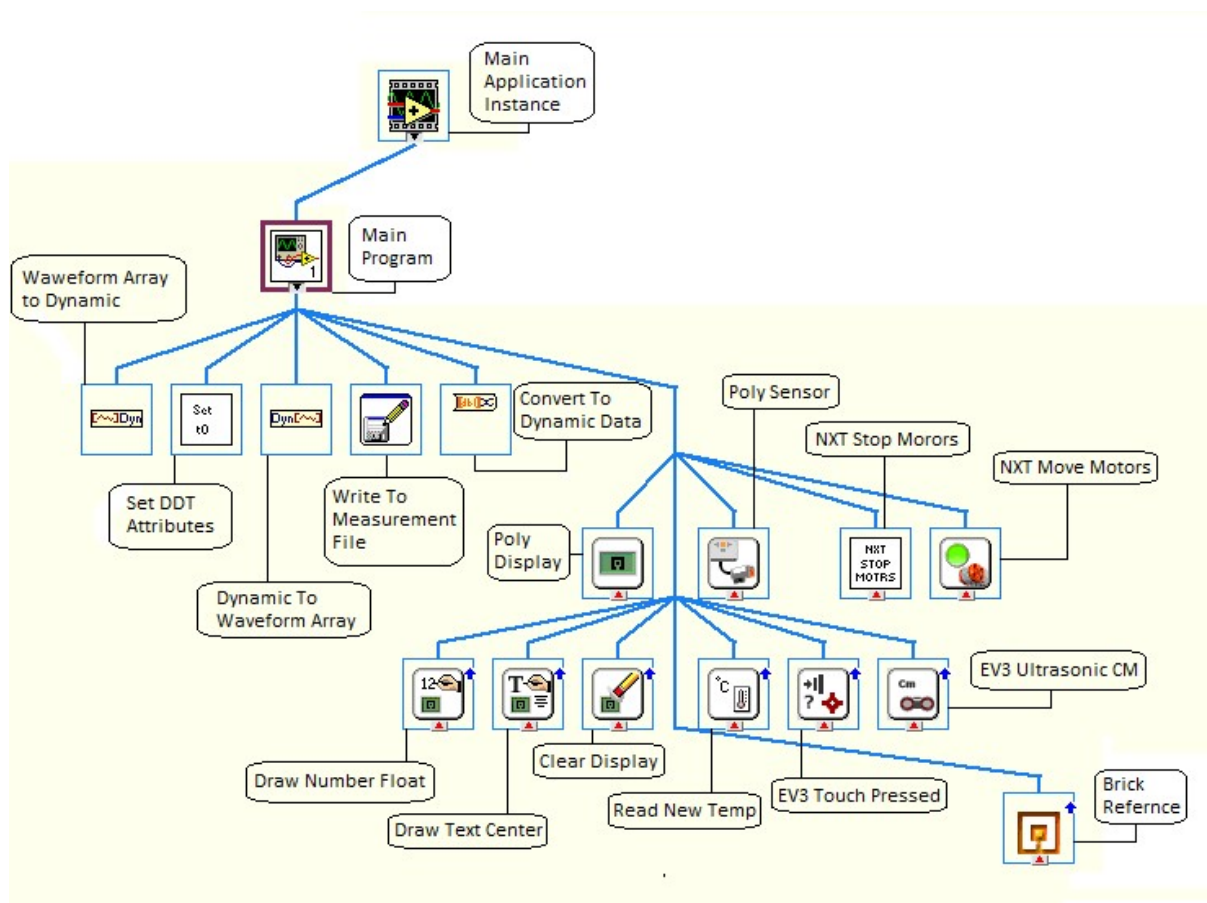
Virtuální instrumentace, a tedy i prostředí LabView firmy National Instruments si klade za cíl dočasně i trvale nahradit prostorově a finančně náročné využití technických prostředků. Virtuální řešení s přispěním programových prostředků a zejména za využití nadstandardně řešených grafických a vizuálních prostředků dokáže uživateli zprostředkovat maximální názornost i přehlednost celého procesu. Navrhování nových aplikací i provádění specifických změn v konfiguraci tak probíhá pouhou změnou programu. Celý proces tak lze změnit během krátkého času, což je u realizace skutečnými nástroji za pomoci reálných součástek často velice nákladné.

Jelikož se jedná o vývojové prostředí virtuální instrumentace, některé pojmy se promítly i do značení souborů, resp. programů, které jsou použity v této práci. Nazývají se virtuální instrumenty (odtud zkratka VI). Toto značení se bude objevovat též v příponě souboru (programu) [17].

11.2 Vlastní program

Vlastní tok programu je realizován za pomoci sekvenčního řízení strukturou Sequence. Tyto struktury umožňují postupné (sekvenční) vykonávání částí programu. Sekvenci tvoří sled po sobě jdoucích rámců programu (angl. frames), které jsou vykonávány zleva doprava.

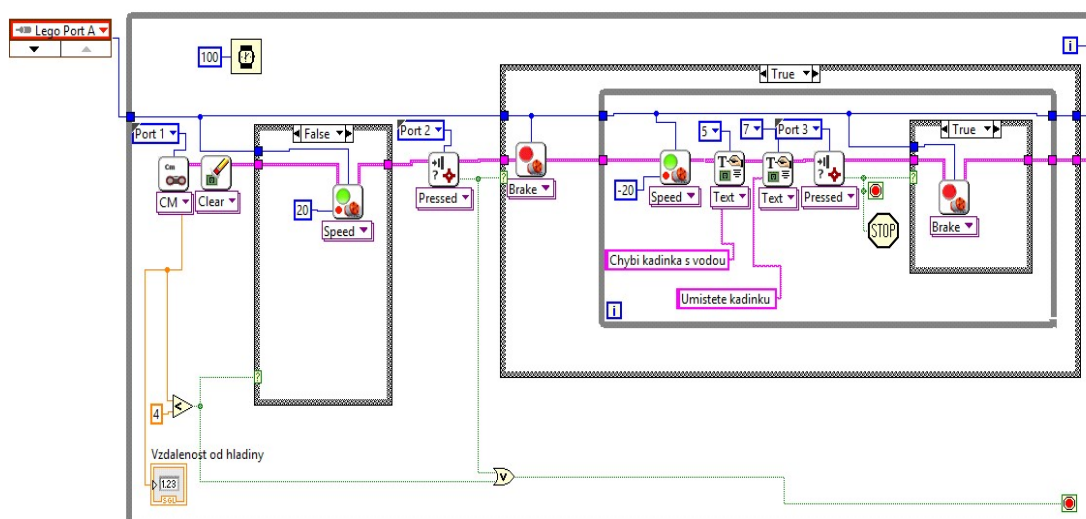
Program vytvořený pro tuto semestrální práci má 5 rámců (snímků), kde každý vykonává vlastní část programu. Tyto sekvenční snímky by také mohly být realizovány pomocí SubVI (podprogramů), ale pro lepší orientaci a názornost byly ponechány v této podobě.



Zdrojový kód 1: Hierarchie Programu

11.2.1 Blok č. 1

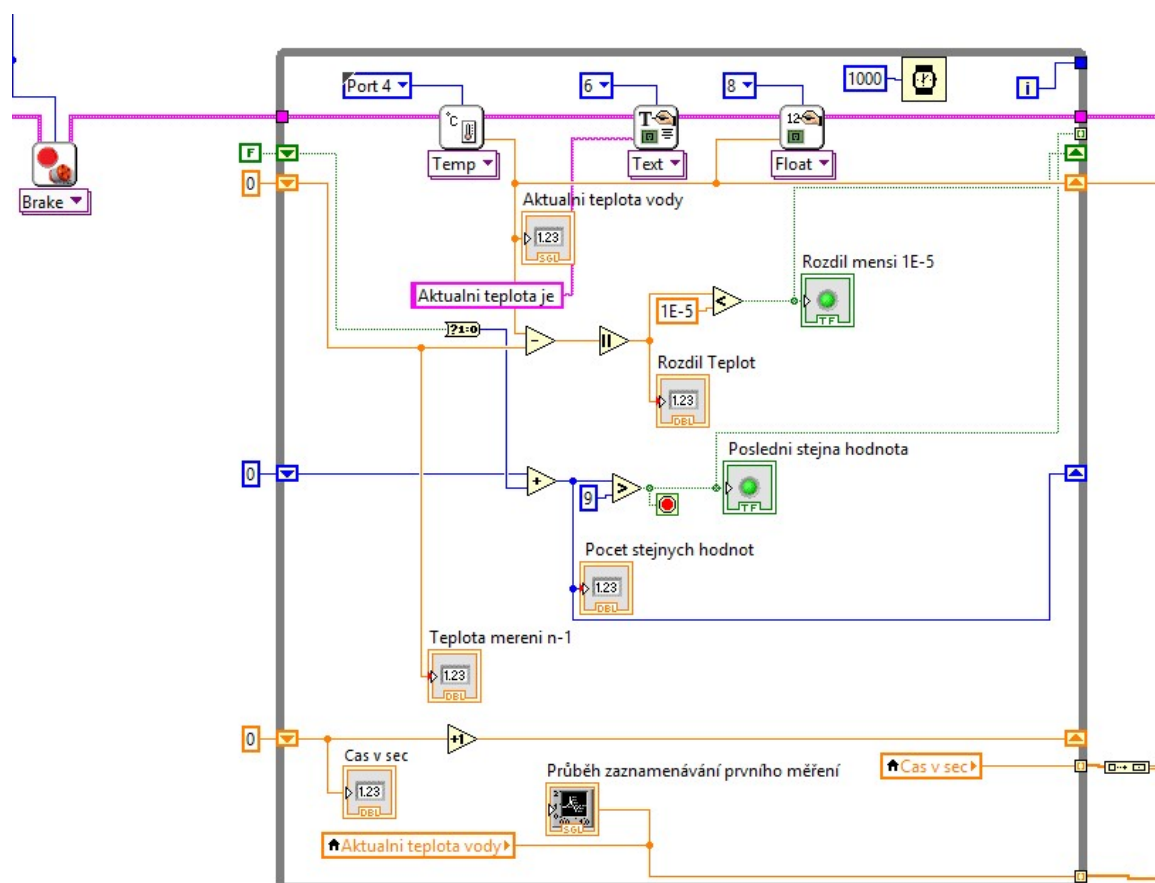
Ihned po spuštění programu, dojde ke spuštění lineárního vedení nesoucí hlavici se senzory. To je poháněno motorem. Po dobu chodu motoru je ultrazvukovým senzorem neustále odečítána vzdálenost hlavice od hladiny vody v kádince. Ultrazvukový senzor snímá vzdálenost ve smyčce While Loop. Zde se nachází Case struktura, která nabízí dvě možnosti pokračování programu. Jestliže je vzdálenost od hladiny menší než 4 cm, motor se zastaví. Pokud je však vzdálenost větší, následuje další rozhodování pomocí struktury Case, kde je ověřováno stisknutí Touch senzoru. Struktura Case nechá motor běžet, do té doby, dokud nedojde ke stisknutí senzoru. Nastane-li situace, kdy stisknutí Touch senzoru proběhne dříve, než ukončení ultrazvukovým senzorem, lineární vedení se začne okamžitě vysouvat zpět do výchozí polohy. Uživatel je vyzván k umístění kádinky na měřicí aparaturu a program je ukončen. V tomto případě program vyhodnotil chybějící kádinku a ukončil měření. V případě, že ke stisknutí tlakového senzoru nedojde, pokračuje program do dalšího okna.



Zdrojový kód 2: Ukázka první části programu

11.2.2 Blok č. 2

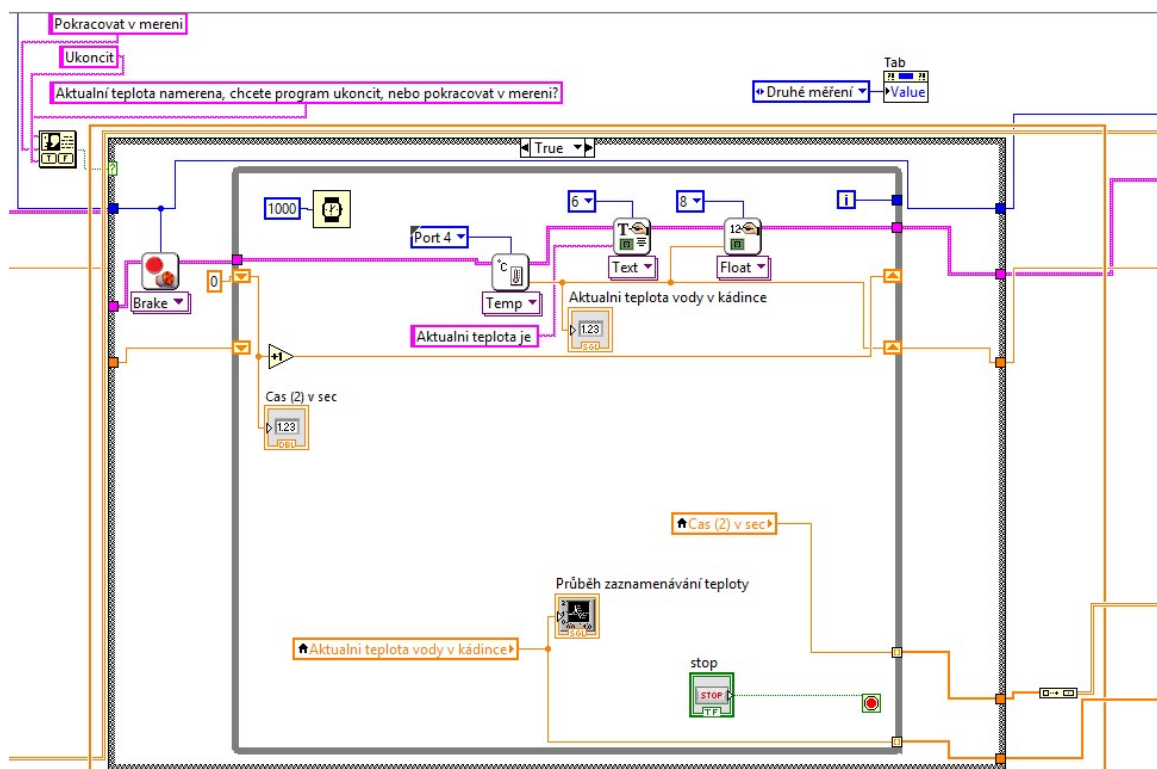
Smyčka měření teploty. Tato část programu měří teplotu vody v kádince. Smyčka je realizována smyčkou While Loop, která si při každém průchodu uloží na Shift registr teplotu naměřenou při předchozím průchodu. Tuto uloženou hodnotu porovná s nově naměřenou hodnotou. Pokud je rozdíl mezi oběma hodnotami menší než $1E-9$, uloží si program na druhý Shift registr 1. Při každém dalším rozdílu menším než $1E-9$ se k této hodnotě přičte další 1. Ve chvíli kdy se nasčítá 10 takto podobných hodnot, tedy na Shift registru máme hodnotu 10, program ukončí měření. Hodnotu teploty vody v tuto chvíli považujeme za ustálenou. Po celou dobu průběhu měření se na display logické jednotky EV3 vypisuje aktuální naměřená hodnota. Hodnota naměřené teploty se zobrazuje i na Front panelu, kde se zobrazují i další pomocné hodnoty a graf s průběhem měření. Indikátor “Aktuální teplota vody” má vytvořenu lokální proměnnou, jejíž status je změněn na čtení. Z této proměnné jsou data vypisována do Waveform Charts. Ten zobrazuje průběh měření. Stejná data jsou dále posílána do bloku 5, kde budou uložena do souboru.



Zdrojový kód 3: Ukázka druhé části programu

11.2.3 Blok č. 3

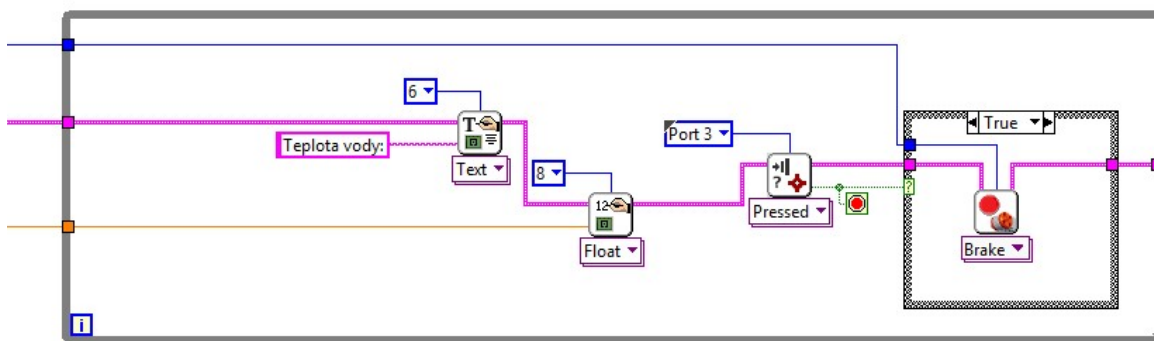
V rámci začátku třetího bloku programu se uživateli zobrazí dialogové okno. Uživatel rozhodne o pokračování programu. Na pozadí se změní vzhled uživatelského prostředí. V případě potvrzení ukončení měření přejde program rovnou do bloku č. 5. V případě pokračování měření se spustí While Loop smyčka, která neustále provádí měření teploty vody a výpis naměřených údajů na obrazovku v podobě měnící se hodnoty indikátoru “Aktuální teplota vody v kádince”. Indikátoru Aktuální teplota vody je vytvořena lokální proměnná, jejíž hodnota byla změněna na čtení a k ní je připojen Waveform Charts (grafový zobrazovač), který ukazuje průběh měření. Data jsou též vyvedena do 5. bloku, kde budou následně zapsána do souboru. Aktuální teplota se také zobrazuje na display logické jednotky. Měřicí smyčka je ukončena stisknutím tlačítka “ukončit měření”.



Zdrojový kód 4: Ukázka třetí části programu

11.2.4 Blok č. 4

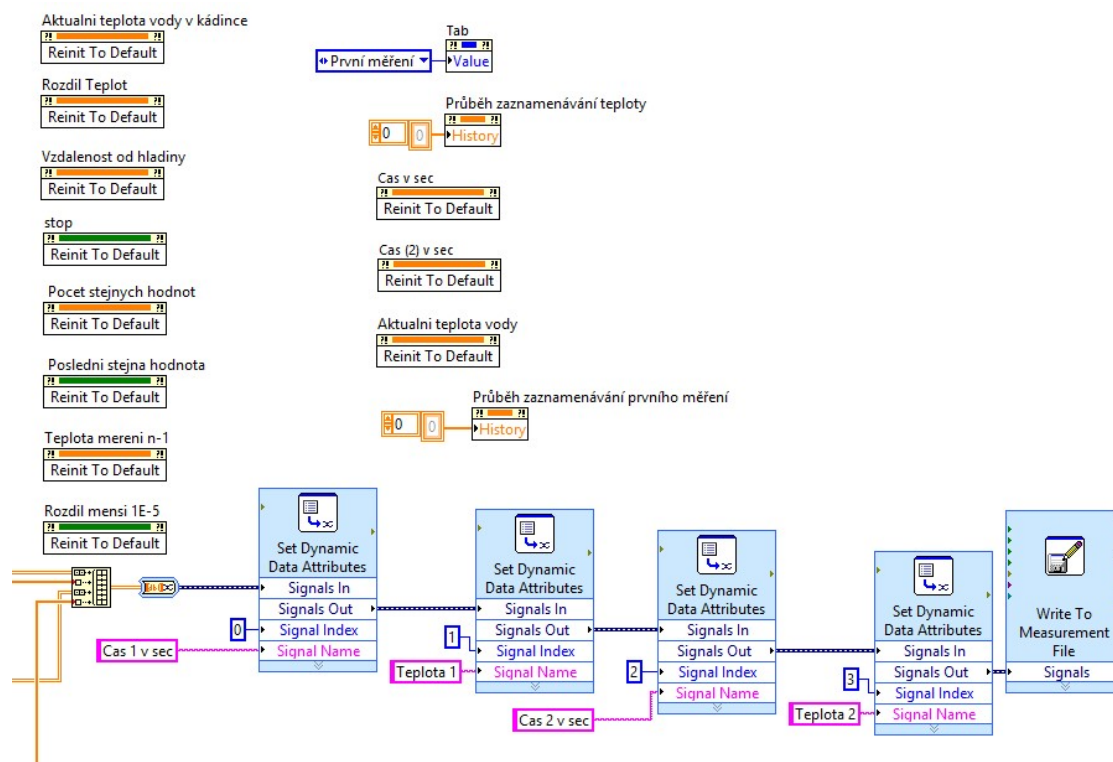
Po skončení předchozího měření, které bylo ukončeno stisknutím tlačítka, dojde k vypisování aktuální naměřené teploty na display robotické jednotky a ke spuštění motoru pro vysouvání hlavice se senzory. Motor běží až do sepnutí tlakového senzoru.



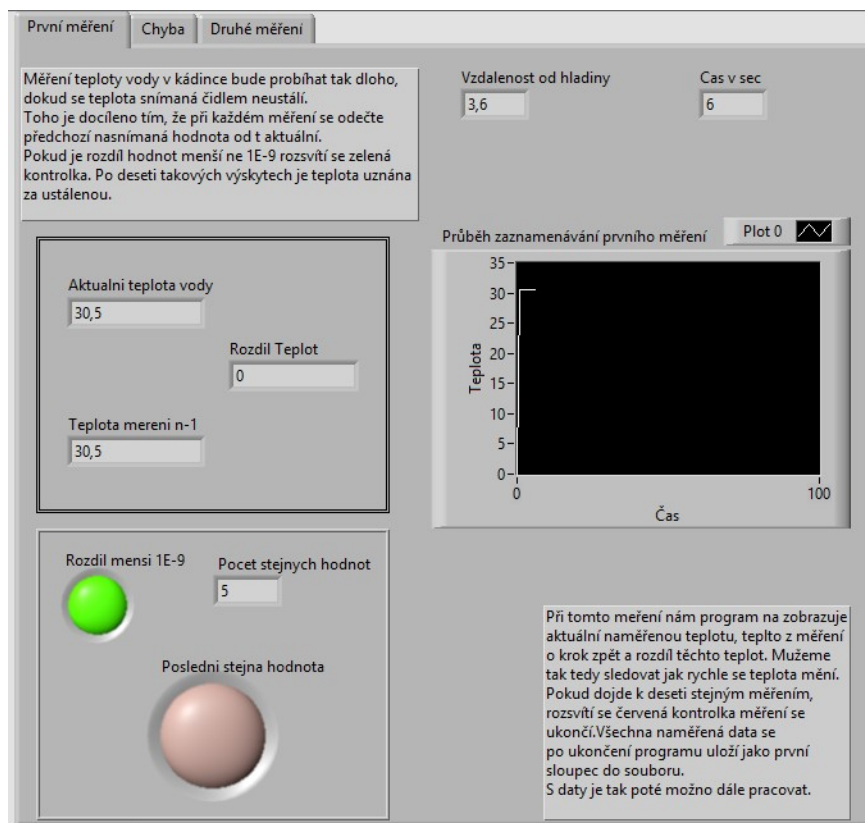
Zdrojový kód 5: Ukázka čtvrté části programu

11.2.5 Blok č. 5

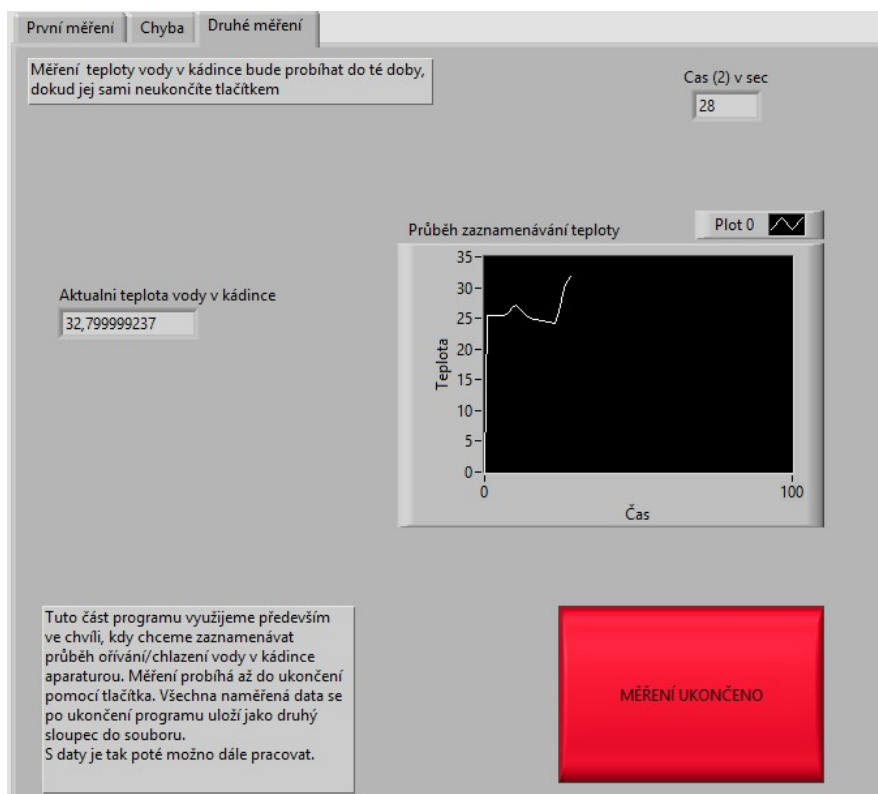
V posledním rámci jsou data poslaná z druhého a třetího bloku uložena do souboru. Předtím, než jsou data uložena do souboru, jsou sjednocena do jednoho pole a pomocí změny atributů pole jsou nadefinovány názvy sloupců v souboru. Hodnoty všech proměnných jsou nastaveny na defaultní hodnotu a program je ukončen.



Zdrojový kód 6: Ukázka Páté části programu



Zdrojový kód 7: Ukázka uživatelského rozhraní první měřicí smyčky programu



Zdrojový kód 8: Ukázka uživatelského rozhraní druhé měřicí smyčky programu

12 Návod k využití aparatury při výuce

Pro následující cvičení, využívající ohřívací/chladicí aparatury, si žáci nejdříve připraví papír, tužku, stopky a kádinku se studenou vodou. Žáci mohou na vytvořit skupiny, či se cvičení účastnit jako jednotlivci. Mohou mezi sebou soutěžit v přesnosti odhadů i v přesnosti měření a odečítání času při pokusech.

Před spuštěním systému:

- Žáci odhadnou, bez jakéhokoli měření, jakou teplotu má voda v kádince před začátkem pokusu (mohou teplotu vody v kádince vyzkoušet prstem).
- Dále žáci odhadnou, jak dlouho bude systému trvat, než vodu v kádince ohřeje na teplotu nad 30°C.
- Poslední odhad, který žáci, před začátkem měření uskuteční je odhadnutí doby potřebné k tomu, aby teplota vody ohřáté na 30°C klesla na 25°C.
- Všechny odhady si žáci poznamenají.

Práce se systémem:

- Umístěte kádinku s vodou na chladič aparatury.
- Z počítače připojeného k logické jednotce EV3 spusťte program pro měření teploty. Po ustálení hodnoty (oznámi program) odečtěte teplotu vody v kádince z monitoru, či z display logické jednotky.
- Žáci si naměřenou teplotu poznamenají a porovnají ji se svým předchozím odhadem.
- Každý žák si připraví stopky a vyučující spustí systém na ohřívání vody.
- Na display logické jednotky bude zobrazována aktuální teplota. Žáci pozorují display a snaží se stopky zastavit přesně ve chvíli, kdy teplota na display ukáže 30°C.
- Každý žák si zapíše vlastní naměřenou hodnotu a opět ji porovná s předchozím odhadem.
- Naměřené časy žáků porovnáme mezi sebou a vypočítáme průměrný čas těchto měření.
- Nyní přeneseme kádinku na pracovní desku. Z mechanické hlavy sejmem teplotní senzor a umístíme jej do kádinky s vodou.
- Opět začneme odpočítávat čas. Měření času ukončíme ve chvíli, kdy se teplota vody v kádince dostane pod 25°C. Časy porovnáme s odhady ze začátku cvičení.

- Vrátime kádinku i teplotní senzor zpět na aparaturu a opět necháme vodu v kádince ohřát na 30°C.
- Spustíme stopky a systém přepneme do režimu pro chlazení. Opět vyčkáme, dokud teplota v kádince neklesne pod 25°C. Porovnáme s časem z bodu 9. (vychladnutí vody v kádince na pracovní desce stolu)
- Rozvedeme diskusi nad naměřenými daty.

Každá skupina (jednotlivec) do příští hodiny napíše krátkou zprávu o tom, kde v přírodě lze podobné jevy pozorovat a k čemu je měření teploty vody užitečné.

Žákům nastíníme otázku, zda si myslí, že je daným systémem možné vodu ochladit natolik, aby začala měnit své skupenství. A za jak dlouho se tak stane.

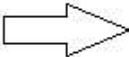
V předem určený den ihned po příchodu do školy aparaturu nastavíme na chlazení vody a žákům umožníme stav vody v kádince (! O přestávkách!) kontrolovat. Na konci vyučování vynesou žáci závěr.

13 Vyhodnocení

Vytvořená konstrukce i program odpovídají počátečním požadavkům. Konstrukce je dostatečně stabilní a přenositelná pro možnosti dalšího využití. Systém připojení komponent je jednoduchý, poskytuje tak možnost použití aparatury i neodbornému uživateli.

Z následujících naměřených údajů lze pozorovat, že i přes delší dobu trvání je ohřev i chlazení kapaliny prokazatelné. V případě ohřevu se jedná o kratší čas, kdy je dosaženo požadovaného rozdílu počáteční a výsledné teploty, avšak i u chlazení jsou změny teplot znatelné v řádu minut.

	A	B	C	D
1	Cas 1 v sec	Teplota 1	Cas 2 v sec	Teplota 2
2	0	0	0	0
3	1	23,9	1	23,9
4	2	23,9	2	23,9
5	3	23,9	3	23,9
6	4	23,9	4	23,9
7	5	23,9	5	23,9
8	6	23,9	6	23,9
9	7	23,9	7	23,9
10	8	23,9	8	23,9
11	9	23,9	9	23,9
12	10	23,9	10	23,9
13	11	23,9	11	23,9
14	0	0	12	23,9
15	0	0	13	23,9
16	0	0	14	23,9
17	0	0	15	23,9
18	0	0	16	23,9
19	0	0	17	23,9
20	0	0	18	23,9
21	0	0	19	23,9
22	0	0	20	23,9
23	0	0	21	23,9
24	0	0	22	23,9



2205	0	0	2203	29,9
2206	0	0	2204	29,9
2207	0	0	2205	29,9
2208	0	0	2206	29,9
2209	0	0	2207	29,9
2210	0	0	2208	29,9
2211	0	0	2209	29,9
2212	0	0	2210	29,9
2213	0	0	2211	29,9
2214	0	0	2212	29,9
2215	0	0	2213	29,9
2216	0	0	2214	29,9
2217	0	0	2215	29,9
2218	0	0	2216	29,9
2219	0	0	2217	29,9
2220	0	0	2218	29,9
2221	0	0	2219	29,9
2222	0	0	2220	29,9
2223	0	0	2221	29,9
2224	0	0	2222	29,9
2225	0	0	2223	29,9
2226	0	0	2224	30
2227	0	0	2225	30

Obr.: 13.1: Ohřev vody na teplotu 30°C

Po spuštění programu došlo ke změření teploty vody v kádince. Ustálení teploty proběhlo okamžitě po 11 měřeních (sekundách) a to na 23,9°C. Vliv na takto rychlé ustálení měla okolní teplota a teplota vody, které byly na začátku měření stejné. Průběhy dalších měření viz Příloha B.

K dalšímu pokračování měření teploty byl spuštěn systém pro ohřev vody v kádince. Požadovaná teplota vody byla 30°C. Té bylo pomocí ohřívací aparatury dosaženo po 2226 sec

(cca 37 minut). Z naměřených dat, je vidět, že rychlost ohřevu není vysoká. Vyššího výkonu, rychlejšího ohřevu či chlazení lze dosáhnout použitím většího Peltierova článku.

	A	B	C	D		1909	0	0	1907	28,1
1	Cas 1 v sec	Teplota 1	Cas 2 v sec	Teplota 2		1910	0	0	1908	28,1
2	0	0	0	0		1911	0	0	1909	28,1
3	1	30,3	1	30,3		1912	0	0	1910	28,1
4	2	30,3	2	30,3		1913	0	0	1911	28,1
5	3	30,3	3	30,3		1914	0	0	1912	28,1
6	4	30,3	4	30,3		1915	0	0	1913	28,1
7	5	30,3	5	30,3		1916	0	0	1914	28,1
8	6	30,3	6	30,3		1917	0	0	1915	28,1
9	7	30,3	7	30,3		1918	0	0	1916	28,1
10	8	30,3	8	30,3		1919	0	0	1917	28,1
11	9	30,3	9	30,3		1920	0	0	1918	28,1
12	10	30,3	10	30,3		1921	0	0	1919	28,1
13	11	30,3	11	30,3		1922	0	0	1920	28,1
14	0	0	12	30,3		1923	0	0	1921	28,1
15	0	0	13	30,3		1924	0	0	1922	28,1
16	0	0	14	30,3		1925	0	0	1923	28,1
17	0	0	15	30,3		1926	0	0	1924	28,1
18	0	0	16	30,3		1927	0	0	1925	28,1
19	0	0	17	30,3		1928	0	0	1926	28,1
20	0	0	18	30,3		1929	0	0	1927	28,1
21	0	0	19	30,3		1930	0	0	1928	28,1
22	0	0	20	30,3		1931	0	0	1929	28,1
23	0	0	21	30,3		1932	0	0	1930	28,1
24	0	0	22	30,3		1933	0	0	1931	28

Obr. 13.2: Chlazení kapaliny na 28°C

Ihned po uskutečnění ohřevu vody na 30°C byla aparatura přepnuta do režimu pro chlazení. Z obrázku 13.2 je patrné, že teplota se i po ukončení ohřevu ještě o 0,3°C zvýšila a to vlivem dodatečného šíření tepla aparaturou. Teplota se opět ustálila a aparatura začala chladit po 38 sekundách. K ochlazení kapaliny z 30,3°C na 28°C došlo po 1931 sekundách (cca 32 minut). Je patrné, že chlazení vody trvá delší dobu, než její ohřev. Jak již bylo zmíněno, doba chlazení by mohla být zkrácena za použití většího Peltierova článku, nebo většího napájecího proudu. Pro účely demonstrace funkcí tohoto článku považují tyto hodnoty za dostačující.

Závěr

Mindstorms Robotics od firmy LEGO je v dnešní době velice oblíbená řada programovatelných robotů. Již v základní sadě s programovatelnou kostkou, množstvím senzorů, motorů i jiných dílků LEGO Technics, lze postavit téměř jakéhokoli robota. V jednoduchém programu poskytovaném přímo výrobcem lze naprogramovat poměrně snadno a rychle roboty, kteří se umí hýbat, reagovat na podněty, vydávat zvuky i měřit fyzikálních veličin jako jsou vzdálenost, teplota aj.

Způsobů ohřevu a chlazení malého množství kapaliny je dnes velké množství a velkou většinu z nich lze napojit na automatizovanou jednotku, ať už přímým nebo nepřímým způsobem. Můžeme je tedy řídit pomocí programu napsaného pro roboty EV3 z řady Mindstorms Robotics. Mezi nejjednodušší způsoby tohoto ohřevu/chlazení patří využití Peltierova článku.

Peltierův článek je zařízení malých rozměrů, jehož základem je matice sériově i paralelně propojených termočlánků. Tyto termočlánky jsou umístěny mezi dvě keramické desky. Termobaterie na jedné straně chladí, na straně druhé vyzařuje teplo absorbované chladnou stranou a zároveň příkon článku. Změnou napájecího proudu lze přepínat mezi ohřevem a chlazením objektu. Peltierův článek je plochá baterie, ohřívání či chlazení objektu tak probíhá rovnoměrně.

Vývojové prostředí LabView je grafický jazyk vhodný k programování systémů pro měření a analýzu signálů, k řízení a vizualizaci technologických procesů různé složitosti, nebo k programování složitějších systémů, jako je třeba robot. Jedná se o nástroj virtuální instrumentace. Za pomoci pouze softwarového vybavení tak můžeme znázornit a zprostředkovat, jinak prostorově, časově a mnohdy i finančně náročné procesy technických prostředků.

S využitím robotické jednotky EV3 LEGO Mindstorms, Peltierova článku, nepájivého kontaktního pole a kovové konstrukce byla sestavena aparatura pro ohřev a chlazení malého množství vody. Ve vývojovém prostředí LabView byl vytvořen program pro měření teploty vody v kádince s různými režimy měření, použitelnými např. ve výuce na základní či střední škole. Tím byly splněny cíle bakalářské práce v plném rozsahu.

Seznam použité literatury:

- [1] *LEGO: MINDSTORMS EV3: History of LEGO Robotics* [online]. The LEGO Group, 2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.lego.com/cs-cz/mindstorms/history>
- [2] *LEGO: MINDSTORMS EV3: 31313 MINDSTORMS EV3* [online]. The LEGO Group, 2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>
- [3] *LEGO: MINDSTORMS EV3: Nauč se programovat - je to snadné* [online]. The LEGO Group, 2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.lego.com/cs-cz/mindstorms/learn-to-program>
- [4] KOTEK, Jan. *Laboratorní technika* [online]. 1. Praha: Univerzita Karlova v Praze [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/anorchem/LabTech/Text/LT.pdf>
- [5] GROMOV, G. *Thermoelectric Cooling Modules: Business briefing: Global photonics applications & technology* [online]. Moscow: RMT, 2002 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://www.rmtltd.ru/docs/technology/publications/Thermoelectric_Cooling_Modules.pdf
- [6] *Laboratorní technika: Zahřívání a chlazení* [online]. Hradec Králové: Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola Hradec Králové [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://lat.zshk.cz/vyuka/zahrivani-chlazení.aspx>
- [7] BRÁZDIL, Marian. *Peltierův článek pro chlazení malých objemů* [online]. Brno, 2009 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/9794/BP_Brazdil_Marian.pdf?se.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
- [8] MEJZLÍK, Michal. *Návrh a tvorba laboratorní úlohy s Peltierovým článkem* [online]. Brno, 2009 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=15693.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jan Macháček.
- [9] *GES Electronics: Propojovací pole* [online]. Plzeň: GES-ELECTRONICS [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.ges.cz/cz/chemie-plosne-spoje/plosne-spoje/propojovaci-pole/SMAP.html>
- [10] *Postav robota: Peltierův termoelektrický článek 60W TEC1-12706*. In: *Postav robota* [online]. Praha: Postavrobota.cz [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.postavrobota.cz/Peltieruv-termoelektricky-clanek-60W-TEC1-12706-d223.htm?tab=description>
- [11] Chladiče: Chladič lisovaný žebrovaný černá L 100mm W 100mm H 15mm.

- In: *GSMcentrum* [online]. Kladno: GSMcentrum [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.gsmcentrum.cz/chladic-lisovany-zebrovany-cerna-l-100mm-w-100mm-h-15mm>
- [12] Chladiče: Chladič lisovaný černá L 50,8mm W 50,8mm H 16,51mm hliník.
In: *GSMcentrum* [online]. Kladno: GSMcentrum [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.gsmcentrum.cz/chladic-lisovany-cerna-l-50-8mm-w-50-8mm-h-16-51mm-hlinik>
- [13] Napájecí zdroje: Zdroj spínaný 12VDC 5A Výv 5,5/2,1 60W 0÷40°C Vst IEC C8.
In: *GSMcentrum* [online]. Kladno: GSMcentrum [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.gsmcentrum.cz/zdroj-spinany-12vdc-5a-vyv-5-5-2-1-60w-0-40-c-vst-iec-c8>
- [14] Napájecí zdroje: Zdroj spínaný 12VDC 3A Výv 5,5/2,1 36W 0÷40°C Vst IEC C8.
In: *GSMcentrum* [online]. Kladno: GSMcentrum [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.gsmcentrum.cz/zdroj-spinany-12vdc-3a-vyv-5-5-2-1-36w-0-40-c-vst-iec-c8>
- [15] *LEGO education MINDSTORMS EV3: User guide* [online]. The LEGO Group, 2013 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://extension.missouri.edu/camden/documents/4H/2015%20Information/ev3-user-guideEN.pdf>
- [16] Nepájivé pole: Half-size breadboard. In: *Minidroid* [online]. Tišnov: Steadynet s.r.o. – Minidroid [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://eshop.minidroid.cz/nepajive-pole/392-half-size-breadboard.html>
- [17] KRETSCHMEROVÁ, Lenka a Jaroslav VLACH. *Programování v LabVIEW v příkladech* [online]. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014 [cit. 2017-05-10]. ISBN 978-80-7372-167-2. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/7158/LabVIEW_skripta.pdf?sequence=1

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Programovatelná kostka EV3 (převzato z [2]).....	14
Obr. 1.2: Ukázka funkčních bloků (převzato z [3]).....	15
Obr. 5.1: Základna konstrukce.....	20
Obr. 5.2: Pohyblivá část lineárního vedení.....	21
Obr. 5.3: Vrchní upevňovací deska.....	21
Obr. 5.4: Trapézová matice s ozubeným kolečkem.....	22
Obr. 5.5: Trapézová tyč - závit 8 mm.....	22
Obr. 5.6: Hliníkový profil Kombi 30 x 30 mm (vlevo) a fixační úhelník 28 x 28 mm (vpravo).....	23
Obr. 6.1 Ukázka jednořadého Peltierova článku (převzato z [5]).....	25
Obr. 6.2: Průřez termočlánkem (převzato z [5]).....	26
Obr. 6.3: Ukázka konstrukce kaskádového stylu Peltierova článku (převzato z [5]).....	27
Obr. 6.4: Peltierův článek použitý pro realizaci chlazení a ohřevu.....	28
Obr. 6.5: Soustava pro ohřev/chlazení vody.....	30
Obr. 7.1: Nepájivé kontaktní pole (převzato z [16]).....	31
Obr. 7.2: Zapojení Peltierova článku a ventilátoru na nepájivém poli.....	32
Obr. 9.1: Velký motor (převzato z [15]).....	34
Obr. 9.2: Dotykový senzor (převzato z [15]).....	35
Obr. 9.3: Ultrazvukový senzor (Převzato z [15]).....	36
Obr. 9.4: Teplotní senzor (převzato z [15]).....	36
Obr. 10.1: Upevnění dílků LEGO Technics pro připojení senzorů.....	37
Obr. 10.2: Spodní pohled na konstrukci po připojení senzorů.....	38
Obr. 10.3: Rozšiřující rám kostky EV3.....	38
Obr. 10.4: Konstrukce s aparaturou pro ohřev/chlazení vody.....	39

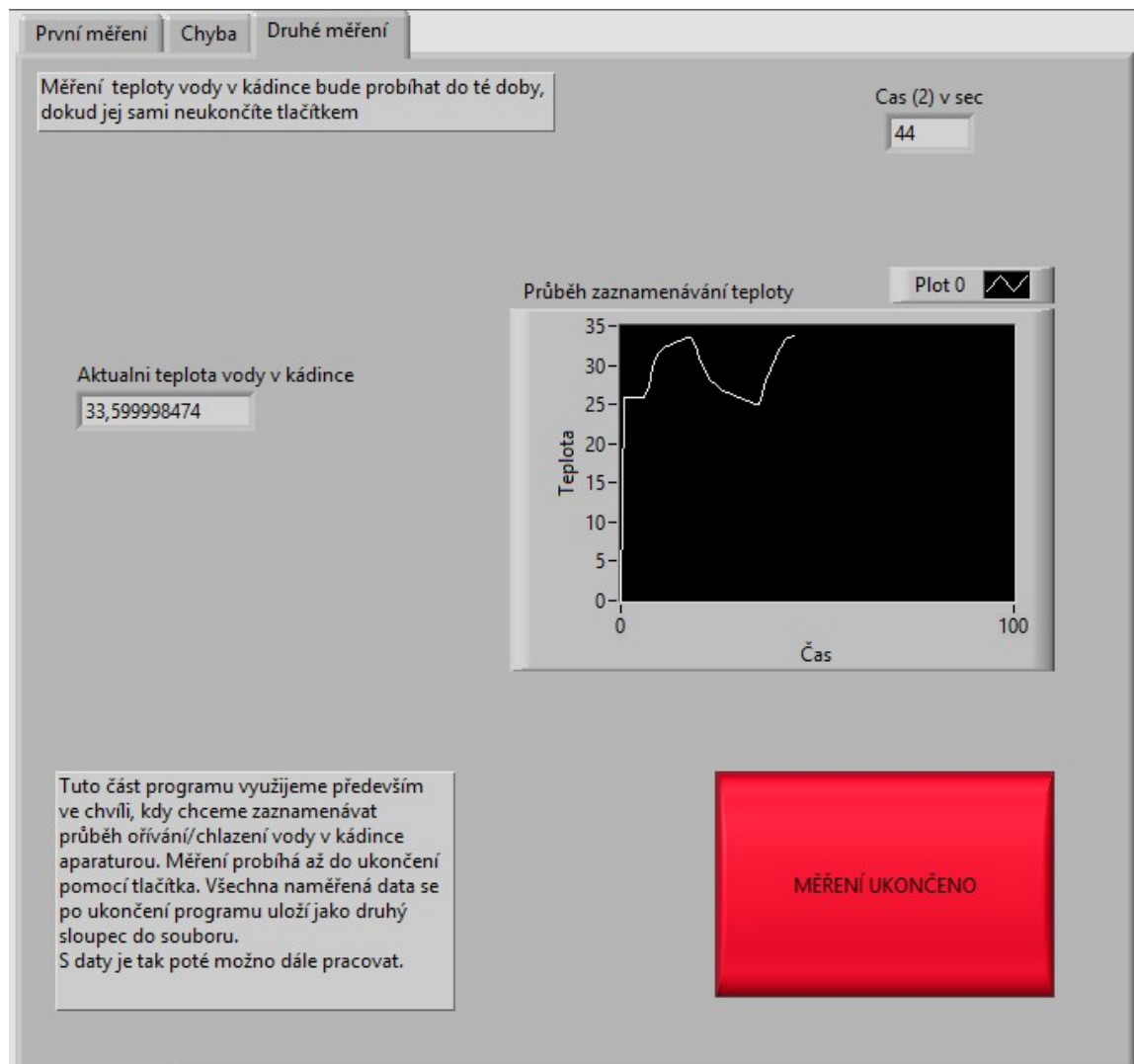
Zdrojový kód 1: Hierarchie Programu.....	41
Zdrojový kód 2: Ukázka první části programu.....	42
Zdrojový kód 3: Ukázka druhé části programu.....	43
Zdrojový kód 4: Ukázka třetí části programu.....	44
Zdrojový kód 5: Ukázka čtvrté části programu.....	45
Zdrojový kód 6: Ukázka Páté části programu.....	45
Zdrojový kód 7: Ukázka uživatelského rozhraní první měřicí smyčky programu.....	46
Zdrojový kód 8: Ukázka uživatelského rozhraní druhé měřicí smyčky programu.....	46
Obr.: 13.1: Ohřev vody na teplotu 30°C.....	49
Obr. 13.2: Chlazení kapaliny na 28°C.....	50
Zdrojový kód B.1: Průběh měření při střídání prostředí.....	57
Zdrojový kód B.2: Průběh měření teploty s ustálením.....	58
Zdrojový kód B.3: Ukázka chybové hlášky v případě chybějící kádinky	59
Obr. C.1: Výsledky měření se změnami prostředí.....	60
Obr. C.2: Výsledky měření s ukončením po první smyčce měření.....	60

A Další použitý materiál použitý pro výrobu konstrukce

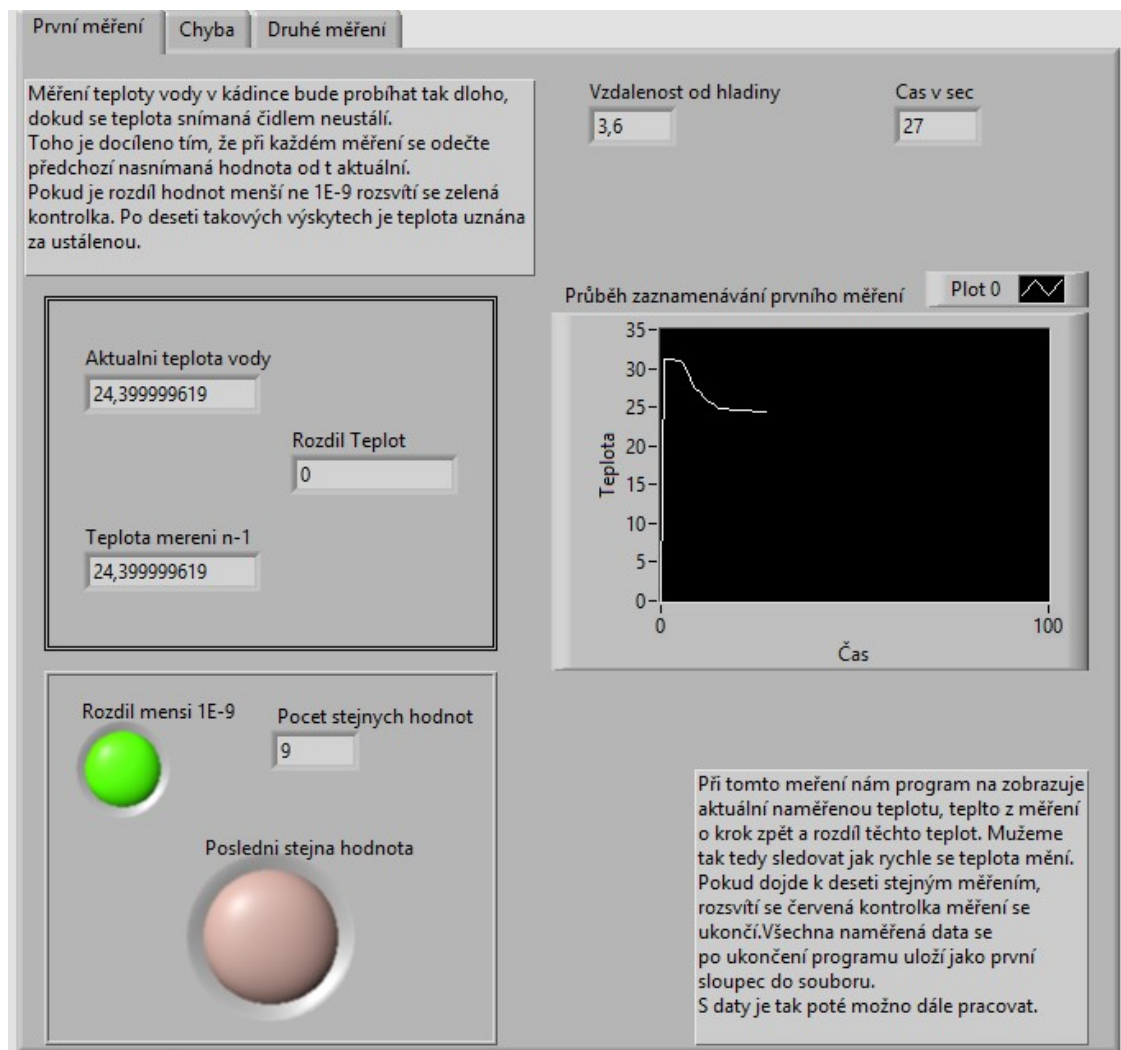
Tabulka 2: Další materiál

Název	Rozměry	Počet (ks)
Šroub M6x12	Ø 6 mm, l 12 mm	24
Šroub M6x10	Ø 6 mm, l 10 mm	4
Šroub M6x14 se zápusťnou hlavou	Ø 6 mm, l 14 mm	4
Šroub M4x6 se zápusťnou hlavou	Ø 4 mm, l 6 mm	4
Šroub M4x6	Ø 4 mm, l 6 mm	4
Distanční trubička	Ø 4 mm	4
Matice čtvercová	Ø 6 mm	4
Matice plocha	Ø 6 mm	28
Matice osmihranná	Ø 6 mm	4
Podložka	Vnitřní Ø 6 mm, vnější Ø 10 mm	4
Podložka	vnitřní Ø 14 mm, vnější Ø 37 mm	2

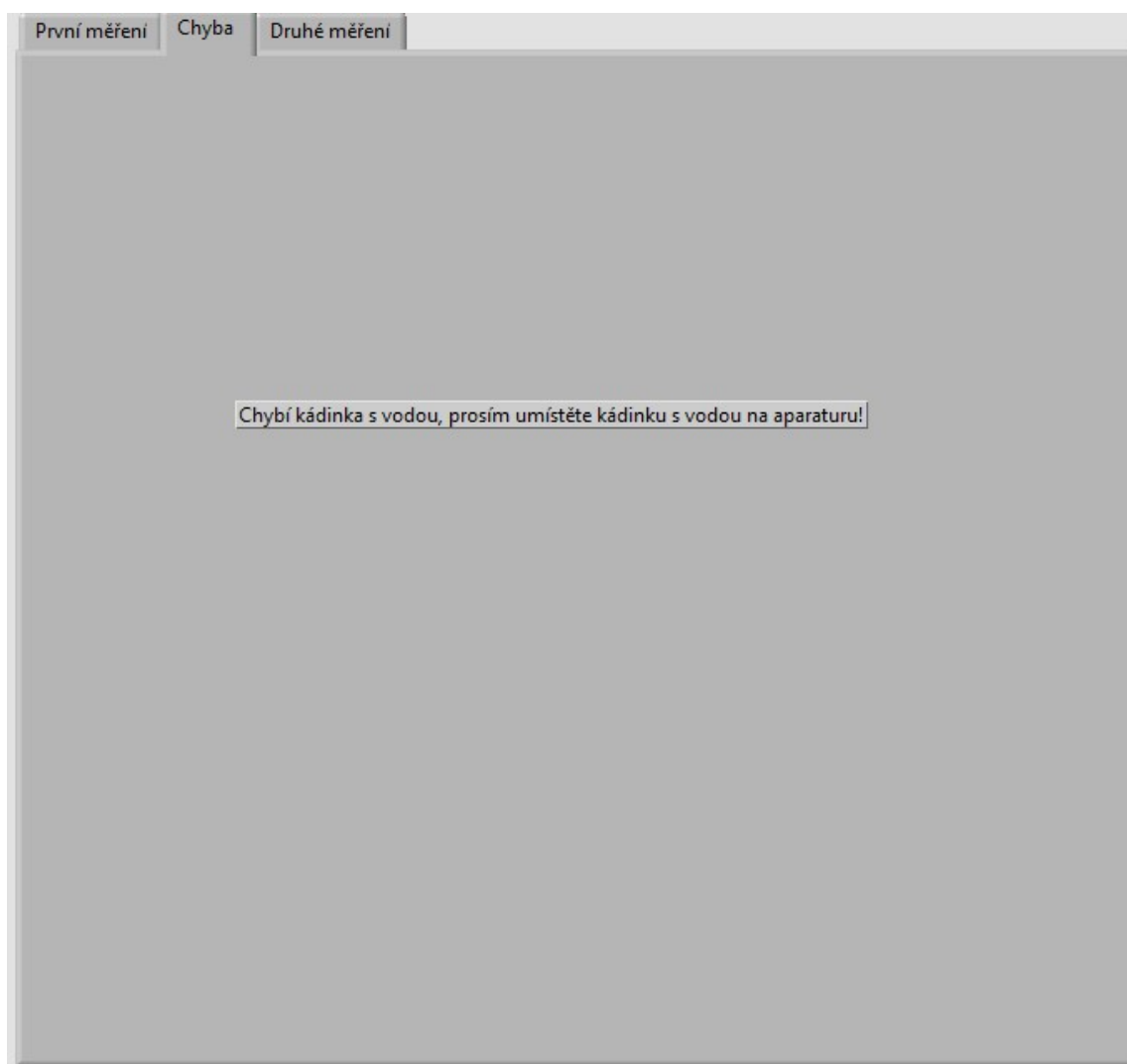
B Průběhy měření



Zdrojový kód B.1: Průběh měření při střídání prostředí



Zdrojový kód B.2: Průběh měření teploty s ustálením



Zdrojový kód B.3: Ukázka chybové hlášky v případě chybějící kádinky

C Výsledky měření

	A	B	C	D
1	Cas 1 v sec	Teplota 1	Cas 2 v sec	Teplota 2
2	0	0	0	0
3	1	31,1	1	25,8
4	2	31,1	2	25,8
5	3	31,1	3	25,8
6	4	31	4	25,8
7	5	30,9	5	25,8
8	6	30,6	6	25,8
9	7	29,2	7	27,3
10	8	28,1	8	29,7
11	9	27,4	9	30,9
12	10	26,9	10	31,8
13	11	26,3	11	32,2
14	12	25,8	12	32,4
15	13	25,4	13	32,6
16	14	25,2	14	32,8
17	15	24,9	15	33
18	16	24,8	16	33,3
19	17	24,8	17	33,6
20	18	24,7	18	33,6
21	19	24,6	19	32,4
22	20	24,6	20	30,9
23	21	24,5	21	29,7
24	22	24,5	22	28,8
25	23	24,5	23	28,1
26	24	24,4	24	27,6
27	25	24,4	25	27,1
28	26	24,4	26	26,8
29	27	24,4	27	26,5
30	28	24,4	28	26,2
31	0	0	29	26,1
32	0	0	30	25,8
33	0	0	31	25,7
34	0	0	32	25,5
35	0	0	33	25,3
36	0	0	34	25,1
37	0	0	35	25
38	0	0	36	26,2
39	0	0	37	28
40	0	0	38	29,5
41	0	0	39	30,4
42	0	0	40	31,6
43	0	0	41	32,5
44	0	0	42	33,3
45	0	0	43	33,6
46	0	0	44	33,7

Obr. C.1: Výsledky měření se změnami prostředí

	A	B	C	D
1	Cas 1 v sec	Teplota 1	Cas 2 v sec	Teplota 2
2	0	0	0	0
3	1	24,9	0	0
4	2	24,9	0	0
5	3	24,9	0	0
6	4	24,9	0	0
7	5	25,4	0	0
8	6	26,4	0	0
9	7	27,1	0	0
10	8	28,1	0	0
11	9	28,5	0	0
12	10	29,2	0	0
13	11	29,6	0	0
14	12	29,9	0	0
15	13	30,2	0	0
16	14	30,6	0	0
17	15	30,8	0	0
18	16	31	0	0
19	17	31,2	0	0
20	18	31,4	0	0
21	19	31,6	0	0
22	20	31,8	0	0
23	21	31,9	0	0
24	22	32	0	0
25	23	32,1	0	0
26	24	32,2	0	0
27	25	32,3	0	0
28	26	32,4	0	0
29	27	32,6	0	0
30	28	32,6	0	0
31	29	32,7	0	0
32	30	32,8	0	0
33	31	32,8	0	0
34	32	32,9	0	0
35	33	32,9	0	0
36	34	33	0	0
37	35	33,1	0	0
38	36	33,1	0	0
39	37	33,2	0	0
40	38	33,2	0	0
41	39	33,2	0	0
42	40	33,3	0	0
43	41	33,4	0	0
44	42	33,4	0	0

Obr. C.2: Výsledky měření s ukončením po první smyčce měření

D Obsah přiloženého CD

Přiložené CD obsahuje bakalářskou práci ve formátu PDF a zdrojový kód programu vytvořeného v prostředí LabView.

- text bakalářské práce
bakalarska_prace_2017_kulhankova_barbora.pdf
- zdrojový kód programu
bakalarskaPraceKulhankova.vi